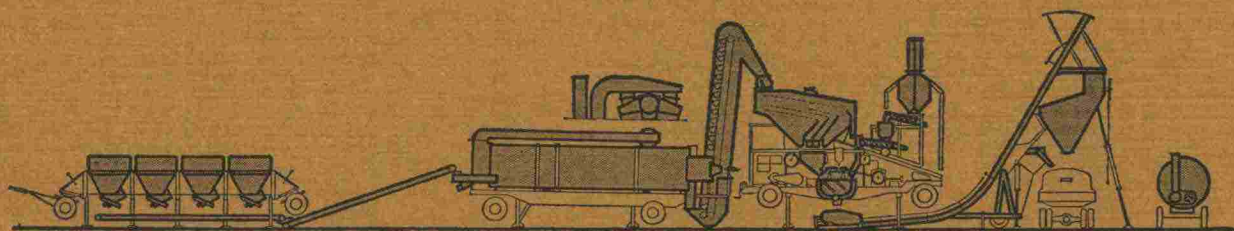


Järvelä

# TIENPÄÄLLYSTYSTEKNIikka



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS  
TIERAKENNUSTOIMISTO 1971

TVH 2.797 A4

18566

VII B





T I E N P Ä Ä L L Y S T Y S T E K N I I K K A A   K Ä S I T -  
T E L E V Ä   K U R S S I

SISÄLLYSLUETTELO

- I      PÄÄLLYSTEIDEN RAAKA-AINEET  
Tstoins. M. Reihe
- II     PÄÄLLYSTEEN ALUSTA JA ESITYÖT  
Vanh.ins. M. Annila
- III    TYÖKONEET JA MENETELMÄT  
Dipl.ins. A. Kaksonen
- IV     URAKKA-ASIAKIRJAT  
Tsto.ins. V. Markkula
- V      LAADUN VALVONTA  
Apul.ins. R. Ihatsu
- VI     LAADUN ARVOSTELU  
Tsto.ins. L. Weckström
- VII    PÄÄLLYSTEIDEN TUTKIMUS- JA KEHITYSTYÖT  
Tekn.lis. A. Niemi
- VIII   SILTA- JA MUUT ERIKOISPÄÄLLYSTEET  
Ins. R. Skytén
- IX     PÄÄLLYSTYSTYÖKUSTANNUKSET  
Tsto.ins. J. Ikonen
- X      TYÖMAAKOKOUKSET  
Vanh.ins. T. Säteri

- XI PÄÄLLYSTEVAURIOT JA NIIDEN KORJAAMINEN  
Tsto.ins. A. Pehkonen
- XII LIIKENNETURVALLISUUS  
Dipl.ins. L. Ristikartano
- XIII MITTAUKSET JA RAPORTIT PÄÄLLYSTYSTYÖMAALLA  
Ins. M. Pröckinen  
Rkm. A. Saarinen
- XIV YMPÄRISTÖN SUOJELU JA TYÖTURVALLISUUS  
Ins. S. Sormula
- XV TIENRAKENNUSKIVIAINEKSEN LAATUKYSYMYKSISTÄ  
Fil.tri L.K. Kauranne



KURSSIA VALMISTELLUT TOIMIKUNTA

tsto.ins. V. Markkula (puh.joht.)

dipl.ins. L. Hiekka

apul.ins. R. Ihatsu

dipl.ins. K. Kerosuo

tsto.ins. A. Pehkonen

tsto.ins. M. Reihe

apul.ins. H. Tammio

tsto.ins. L. Weckström (siht.)

## I PÄÄLLYSTEIDEN RAAKA-AINEET

### 1. JOHDANTO

### 2. KIVIAINEKSET LAATUVAATIMUKSINEEN

2.21 Murskatut kiviainekset

2.22 Luonnon kiviainekset

2.23 Täytejauheet

2.24 Keinokiviainekset

### 3. SIDEAINEET LAATUVAATIMUKSINEEN

3.31 Bitumit

3.32 Bitumiliuokset

3.33 Tieöljyt

3.34 Bitumiemulsiot

3.35 Luonnonasfaltit

3.36 Tietervat

### 4. LISÄAINEET LAATUVAATIMUKSINEEN

4.41 Tartukkeet

4.42 Stabilointiaineet

4.43 Kumit

### 5. KÄYTTÖMALLEJA

## II PÄÄLLYSTEEN ALUSTA JA ESITYÖT

### 1. TIEN RAKENTEIDEN NIMITYKSET

### 2. TIEN PÄÄLLYSRAKENTEEN MITOITUKSESTA

### 3. SITOMATTOMIEN KERROSTEN RAKEISUUSVAATIMUKSET

### 4. TIIVIYS- JA KANTAVUUSVAATIMUKSET

### 5. SITOMATTOMIEN KERROSTEN RAKENTAMISESSA NOUDATETTAVAT MITTATOLERANSSIT JA PÄÄLLYSTEEN ALUSTAN LAATU

### 6. VANHA PÄÄLLYSTE UUDEN PÄÄLLYSTEEN ALUSTANA

### 7. PÄÄLLYSTEEN ALUSTAN RAKENTAMISESTA



### III TYÖKONEET JA MENETELMÄT

#### 1. TYÖKONEET

- 1.1 Asfalttiasemat
- 1.2 Levityskalusto
- 1.3 Jyräyskalusto

#### 2. TYÖMENETELMÄT

### IV URAKKA-ASIAKIRJAT

#### 1. YLEISET SÄÄNNÖKSET JA MÄÄRÄYKSET

#### 2. VARSINAISET SOPIMUSASIAKIRJAT

#### 3. VALVONTAOHJEET

#### 4. TURVALLISUUS- JA VAROVUUSOHJEET

#### 5. MUITA ASIAKIRJOIHIN LIITTYVIÄ SEIKKOJA

#### 6. VALVONTATEHTÄVÄT

### V LAADUN VALVONTA

#### 1. YLEISTÄ

#### 2. LAADUNVALVONNAN SUORITTAJAT

#### 3. LAADUNVALVONNAN ORGANISAATIO

#### 4. LAADUNVALVONTAKOhteet JA -TOIMENPITEET

##### 4.1 Laadunvalvonta koneasemalla

- 4.11 Valmistelevat toimenpiteet
- 4.12 Koemassa
- 4.13 Massan valmistus

##### 4.2 Laadunvalvonta levityskohteessa

- 4.21 Valmistelevat toimenpiteet
- 4.22 Levitystyön aikana suoritettavat toimenpiteet

##### 4.3 Yhteenveto laadunvalvontatoimenpiteistä

- 4.31 Silmämääräinen tarkastus
- 4.32 Näytetutkimukset
- 4.33 Mittaukset

5. VALVOJIEN KIRJALLISET TEHTÄVÄT
6. ERIKESKISYYDET URAKKASOPIMUSTEN TULKINNASSA
7. PARANNUSEHDOTUKSIA

#### VI LAADUN ARVOSTELU

1. LAATUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT
2. LAATUVAATIMUKSET JA SALLITUT TOLERANSSIT
3. LAADUN TILASTOLLINEN TARKASTELU
4. ARVONVÄHENNYKSET
5. YHTEENVETO

#### VII PÄÄLLYSTEIDEN TUTKIMUS- JA KEHITYSTYÖT

#### VIII SILTA- JA MUUT ERIKOISPÄÄLLYSTEET

1. SILTAPÄÄLLYSTEET
2. KUMIA YMS. LISÄAINEITA KÄYTTÄEN TEHDYT PÄÄLLYSTEET
3. SYÖVYTTÄVIÄ AINEITA KESTÄVÄT PÄÄLLYSTEET
4. VÄRILLISET PÄÄLLYSTEET

#### IX PÄÄLLYSTYSTYÖKUSTANNUKSET

1. ASFALTTIPÄÄLLYSTEEN HINNAN KOOSTUMINEN ERI TEKIJÖISTÄ
  - 1.1 Palkkakustannukset
    - 1.11 Työnjohto
    - 1.12 Työntekijät
  - 1.2 Ainekustannukset
    - 1.21 Sideaine
    - 1.22 Kalkkifillleri
    - 1.23 Kiviaines
    - 1.24 Polttoöljy
    - 1.25 Poltto- ja voiteluaineet
    - 1.26 Tartuke



- 1.3 Kuljetuskustannukset
  - 1.31 Sideaine
  - 1.32 Kalkkifilleri
  - 1.33 Asfalttimassa
  - 1.34 Kaluston siirto
  - 1.35 Kiviaineksen kuormaus
  - 1.36 Huoltoajot
- 1.4 Pääomakustannukset
  - 1.41 Koneiden korot ja kuoletukset
  - 1.42 Vakuutukset
  - 1.43 Vakuudet
- 1.5 Muut kustannukset
  - 1.51 Työmaakonttori
  - 1.52 Keskuskonttori
  - 1.53 Koneiden korjaukset
  - 1.54 Laboratoriot
  - 1.55 Sähkö
  - 1.56 Sosiaalikulut
  - 1.57 Sekalaiset kulut
- 2. LASKUESIMERKKI ASFALTTIPÄÄLLYSTEEN YSIKKÖHINNAN MUODOSTUMISESTA
- 3. TUTKIMUS ASFALTTIPÄÄLLYSTEIDEN HINNANMUODOSTUKSEEN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ
  - 3.1 Jakautumatuloksia

X TYÖMAAKOKOUKSET

- 1. YLEISTÄ
- 2. TYÖMAAKOKOUKSEN TARKOITUS
- 3. MILLOIN TYÖMAAKOKOUKSIA PIDETÄÄN
- 4. MITÄ ASIOITA TYÖMAAKOKOUKSISSA KÄSITELLÄÄN
- 5. TYÖMAAKOKOUKSEN PÖYTÄKIRJA ASIAKIRJANA
- 6. YLEISIÄ OHJEITA TYÖMAAKOKOUKSEN PITÄJÄLLE

Esimerkki työmaan alkukokouksen pöytäkirjaksi

## XI PÄÄLLYSTEVAURIOIT JA NIIDEN KORJAAMINEN

1. MIKSI VAURIOIT ON KORJATTAVA
2. PÄÄLLYSTEVAURIOISTA
3. KESTOPÄÄLLYSTEIDEN JA BITUMILIUOSSORAN KORJAUKSET
4. ÖLJYSORATEIDEN KORJAUKSET

## XII LIIKENNETURVALLISUUS

1. JOHDANTO
2. PERUSTEET
3. OHJEET JA MÄÄRÄYKSET
4. PÄÄLLYSTYSTYÖMAIDEN MERKINTÄ JA LIIKENTEN JÄRJESTELYT
5. LIIKENNETURVALLISUUTEEN TIETYÖMAILLA VAIKUTTAVISTA YKSITYISKOHDISTA
6. YHTEENVETO

## XIII MITTAUKSET JA RAPORTIT PÄÄLLYSTYSTYÖMAALLA

### a) 1. YLEISTÄ

2. PÄIVÄILMOITUKSET
  - 2.1 Massanvalmistus
  - 2.2 Vaakojen tarkistus
  - 2.3 Sideaine
  - 2.4 Massanlevitys
  - 2.5 Massanäytteet
  - 2.6 Muut tiedot työvuoron aikana
3. PUOLIKUUKAUSITTAIN TEHTÄVÄT ILMOITUKSET
4. PÄIVÄ- JA PÖYTÄKIRJAT



- b) 1. PÄIVÄILMOITUKSET
  - 1.1 Massanvalmistus
  - 1.2 Vaakojen tarkistus
  - 1.3 Massan raaka-aineet
  - 1.4 Massan levitys
  - 1.5 Massanäytteet
  - 1.6 Liimaus
  - 1.7 Muut tiedot työvuoron aikana
- 2. PUOLIKUUKAUSITTAIN TEHTÄVÄ ILMOITUS
- 3. PÄIVÄ- JA PÖYTÄKIRJAT

#### XIV YMPÄRISTÖN SUOJELU JA TYÖTURVALLISUUS

- 1. TYÖNANTAJAN JA VIRKAMIEHEN VASTUU
- 2. VASTUUN SIIRTÄMINEN
- 3. OTTEITA TYÖNTEKIJÄN JURIDISESTA VASTUUSTA TAPATURMAN-TORJUNTATYÖSSÄ
- 4. YMPÄRISTÖN SUOJELU

#### XV TIENRAKENNUSKIVIAINEKSEN LAATUKYSYMYKSISTÄ

- 1. KIVIAINESOMINAISUUDET
  - 1.1 Lujuus
  - 1.2 Raemuoto
  - 1.3 Murskattavuus
  - 1.4 Muut ominaisuudet
  - 1.5 Kiviainesten lujuus/mineraalikoostumus
- 2. ALUEELLISET EROT KIVIAINEKSEN LAADUSSA
  - 2.1 Ominaispaino
  - 2.2 Kulutuskestävyys
  - 2.3 Iskunkestävyys

3. KIVIAINES PÄÄLLYSTEESSÄ

3.1 Soraesiintymät

3.2 Kallioesiintymät

4. YHTEENVETO



TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

TSTO.INS. MATS REIHE

I PÄÄLLYSTEIDEN RAKA - AINEET

# I P Ä Ä L L Y S T E I D E N R A A K A - A I N E E T

## 1. JOHDANTO

Käsittelen luennossani asfalttipäällysteiden raaka-aineita. Luennon ulkopuolelle jäävät kaikki muut päällystelajit kuten betoni-, sora-, kivi- ja muovipäällysteet. Seuraavassa käytetään asfalttipäällysteistä pääotsikon mukaisesti nimitystä päällyste.

Päällysteen raaka-aineet jaetaan kolmeen ryhmään:

kiviainekset

sideaineet

lisäaineet

Seuraavassa käsitellään kutakin ryhmää erikseen. Samalla jaetaan ryhmät alaryhmiin. Kuvassa 1 on mallina kaavio sora-asfalttibetonipäällysteen raaka-aineista. Raaka-aineita käsiteltäessä kiinnitetään erityistä huomiota niille asetettuihin laatuvaatimuksiin. Lopuksi selvitetään aineiden käyttöä antamalla ohjeita siitä mitä aineita missäkin päällysteessä yleensä käytetään ja kuinka paljon.

## 2. KIVIAINEKSET LAATUVAATIMUKSINEEN

Kiviaines muodostaa valtaosan päällysteen raaka-aineista. Sitä on useimmiten yli 90 %. Kiviaines on siten päällysteen runkoaine.

Kiviainekset voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

murskatut kiviainekset

luonnon kiviainekset

täytejauheet

keinokiviainekset

Kaikille kiviaineksille yhteinen laatuvaatimus on, että niiden tulee olla tasalaatuista ja lujaa sekä puhdasta ja rapautumatonta kivilajia.



## 2.21 Murskatut kiviainekset

Suomessa päällyste on totuttu valmistamaan suurimmaksi osaksi murskatuista kiviaineksista. Tutkimusten ja käytännön kokemusten perusteella niillä saavutetaan parhaat ominaisuudet omaava päällyste.

Murskaustuotteet jaetaan valmistusmenetelmänsä mukaan seuraaviin neljään ryhmään:

murskeet	M
sepelit	S
murskesorat	Ms
sorasepelit	Ss

Kaksi ensimmäistä näistä valmistetaan kalliosta ja kaksi jälkimmäistä luonnon kiviaineksesta.

Murskeet ja sepelit murskataan kallioulouheesta murskaamossa. Niillä on keskinäisenä erona, että murske on lajittelematon ja sepeli lajiteltu. Tällä tarkoitetaan sitä, että murskeen valmistuksessa käytetään vain yhtä seulaa, jolla määrätään tuotteen maksimiraekoko. Jos seula on silmäkooltaan noin 30 mm, niin saatava tuote on mursketta 0 - 25. Seula on aina jonkinverran suurempi kuin tuotteen maksimiraekoko. Sepelit lajitellaan usein kolmella seulalla, jolloin saadaan esimerkiksi lajitteet 0 - 6, 6 - 12 ja 12 - 25.

Murskesorat ja sorasepelit valmistetaan murskaamalla someroa tai kivistä soraa. Näillä tuotteilla on erona kahteen edellä mainittuun, että ne sisältävät aina jonkin verran murskaantumattomia, luonnonpintaisia rakeita. Murskesora vastaa mursketta ja sorasepeli sepeliä mitä lajitteeseen tulee.

Nimitykset, joita edellä on käytetty, eivät ole käytännössä vakiintuneita. Usein puhutaan murskeesta vaikka tarkoitetaan murskesoraa ja filleristä kun on kysymyksessä sepeli 0 - 6. Sorasepeli nimitys on jäänyt harvinaiseksi, koska murskesora lajitellaan suhteellisen harvoin.

Murskatut kiviainekset jaetaan alaryhmiin lisäksi minimi- ja maksimiraekoon mukaan. Ne merkitään pääryhmämerkinnän jälkeen.



Esimerkiksi murskesora, jonka minimiraekoko on 0 ja maksimiraekoko 25 mm, merkitään Ms 0 - 25. Tämä lyhyt merkintätapa ei ole yleisesti käytetty, mutta suosittelen sitä lämpimästi.

### Laatuvaatimukset

Murskaustuotteen laatuvaatimuksissa kiinnitetään huomiota seuraaviin seikkoihin:

puhtaus  
rakeisuus  
lujuus ja muoto  
murtopintaisuus

Laatuvaatimukset on esitetty yksityiskohtaisesti tie- ja vesirakennushallituksen kirjassessa "Murskaustöiden laadunvalvonta", josta on uusin painos juuri valmistunut.

**Puhtaus.** Murskaustuote ei saa sisältää epäpuhtauksia kuten savea, turvetta, ruokamultaa, eivätkä tuotteet saa sekaantua keskenään. Kylmänä sekoitettavien päällystemassojen, öljyso-  
ran ja bitumiliuossoran kiviainesten tulee täyttää humuspi-  
toisuudeltaan vähintään betonisoran III puhtausluokan vaatimukset.

**Rakeisuus.** Murskaustuotteen rakeisuus arvostellaan työnai-  
kaisten rakeisuustukimusten perusteella. Rakeisuuden on täy-  
tettävä liitteessä 1 esitetyt vaatimukset. Tässä yhteydessä  
mainittakoon, että päällysteen kulutuskestävyyden lisäämisek-  
si nastarenkaita vastaan tie- ja vesirakennushallitus otti  
viime syksynä käyttöön uudet rakeisuusalueet murskesoralle  
Ms 0 - 25 ja sepelilajitteelle S 12 - 25.

Edellä mainitun lisäksi murskaustuotteen tulee täyttää seuraa-  
vat lajitteisiin jakoa koskevat vaatimukset:

Lajitteen raekoon ylärajaa (= maksimiraekoko) karkeampaa  
ainesta ei saa olla 5 paino-% enempää. Koko lajitteen on  
läpäistävä seula, jonka läpäisyaukon sivun pituus on 20 %  
ylärajaa suurempi.

Lajitteen raekoon alarajaa (= minimiraekoko) hienompaa  
ainesta ei lajitteessa saa olla 15 paino-% enempää. Ala-



rajaa pienemmistä rakeista saa enintään 5 paino-% laskettuna koko lajitteesta läpäistä seulan, jonka läpäisyaukon sivun pituus on puolet alarajasta.

Lujuus ja muoto. Murskaustuotteet jaetaan lujuus- ja muotoominaisuuksien perusteella luokkiin. Luokituksen mukaiset enimmäisvaatimukset ovat:

Luokka	Los Angeles	Hauraus	Muoto
I	25	50	2,6/1,4
II	30	60	2,8/1,5
III	35	70	3,0/1,6

Sirotepintaukseen ja päällysteen karkeutukseen käytettävien kiviainesten on täytettävä luokan I vaatimukset. Asfaltti-, sora-asfaltti- ja hiekka-asfalttibetoniin, öljy- ja bitumiliuossoraan, valuasfalttiin sekä imeytyssepellukseen käytettävien kiviainesten on täytettävä luokan II vaatimukset. Kantavan kerroksen bitumisoraan käytettävän kiviaineksen on täytettävä luokan III vaatimukset.

Murtopintaisuus. Murskesoran ja sorasepelin 8 mm suuremmista rakeista saa enintään 30 paino-% olla täysin murskaantumattomia ja täysin murskaantuneiden rakeiden määrän tulee olla vähintään 30 paino-%. Tämä vaatimus ei koske kantavaan kerrokseen käytettävää murskesoraa.

## 2.22 Luonnon kiviainekset

Päällysteissä käytetään luonnon kiviaineksia yleensä vain murskatun kiviaineksen lisänä rakeisuuden parantamiseksi. Ainoastaan muutamissa päällysteissä, hiekka-asfalttibetonissa, valuasfaltissa ja bitumihiekassa luonnon kiviainesta voi olla suurin osa. Luonnon kiviaineksista käytetään yleensä vain hiekkaa ja hietaa.

Nimitykset hiekka ja hieta noudattavat rakennusteknillistä maalajiluokitusta. Käytännössä kuulee usein puhuttavan filleristä, kun tarkoitetaan jompaa kumpaa edellä mainituista.

## Laatuvaatimukset

Luonnon kiviainesten laatua arvosteltaessa sovelletaan murs-

kaustuotteiden laatuvaatimuksia. Lujuusvaatimukset ovat kummallakin samat ja samoin puhtausvaatimukset. Lisäksi on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että hiekka tai hieta on tasalaatuista.

Rakeisuusaluetta luonnon kiviainekselle ei ole asetettu. Mutta rakeisuus on tutkittava tarkoin, jotta voidaan täyttää tasalaatuisuusvaatimus ja selvittää lisäaineen sopivuus.

## 2.23 Täytejauheet

Täytejauheella tarkoitetaan hienoa pääasiassa 0,074 mm seulan läpäisevää kiviainesta, jolla on suuri merkitys päällysteessä sideaineen ja kiviaineksen välisessä tartunnassa. Suomessa täytejauheena käytetään miltei yksinomaan kalkkikivijauhetta, josta käytetään yleisesti nimitystä kalkkifilleri. Koemielessä on käytetty mm. asbesti- ja talkkijauheita sekä graniitti-, kiille- ja maasälpäjauheita. Kolmen viimeksi mainitun käyttöä on pyrittävä välttämään.

Syklonijauheella tarkoitetaan kiviaineksen kuivausvaiheessa erotettua hienoa mineraaliainesta, joka osittain läpäisee 0,074 mm seulan. Sitä voidaan sekä erottaa kiviaineksesta että myös tarpeen mukaan lisätä massaan. Näin voidaan 0,074 mm seulan läpäisyarvo pitää mahdollisimman tarkasti vakiona.

## Laatuvaatimukset

Täytejauhe ei saa sisältää kosteutta enempää kuin 0,6 paino-%.

Täytejauheen tulee kokonaisuudessaan läpäistä 0,5 mm seula ja vähintään 80 paino-% tulee läpäistä 0,074 mm seula.

Kalkkikivijauheen tulee olla jauhettua luonnon kalkkikiveä, josta vähintään 80 paino-% liukenee laimeaan suolahappoon.

Kalkkikivijauhetta toimittavat mm:

Paraisten Kalkki Oy

Lohjan Kalkki Oy

Rauma-Repola Oy

Ruskealan Marmori Oy



## 2.24 Keinokiviainekset

Keinokiviaineksilla tarkoitetaan kalkista ja hiekasta tai vastaavista sulatettuja tai muuten valmistettuja väriltään valkoisia kivituohteita. Niitä ovat mm. Synopal, jota edustaa Algol Oy ja Luxovit, jota edustaa Aviana Ky. Niitä käytetään päällysteen vaalentamiseksi joko osana massan kiviaineksesta tai sirotteena esimerkiksi pientareella.

Päällystystöissä voidaan erikseen sovittaessa käyttää muitakin kiviaineksia kuin edellä on lueteltu. Tällaisina saattavat tulla kysymykseen esimerkiksi valimokuona ja masuunikuona. Myöskin kevytsoraa on kokeiltu alkuliukkauden torjumiskeinona levittämällä sitä jyräämättömälle päällysteelle.

## 3. SIDEAINEET LAATUVAATIMUKSINEEN

Sideaine on päällysteen sitova komponentti, joka yhdistää kiviainesrakeet toisiinsa ja muodostaa näin päällysteen. Sideaineen määrä vaihtelee yleensä 3 - 15 % massan määrästä. Vähiten sitä on öljysorassa ja eniten emulsiolietteessä.

Päällysteissä käytetään yleensä bitumisia sideaineita. Ne voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

bitumit	B
bitumiliuokset	Bl
tieöljyt	Tö
bitumiemulsiot	N, K ja S
luonnonasfaltit	
tietervat	T

Bitumit, bitumiliuokset, tieöljy ja bitumiemulsiot valmistetaan maaöljystä, luonnonasfaltti on luonnon tuote ja tietervat valmistetaan kivihiilitervasta.

### 3.31 Bitumit

Bitumi on maaöljyn jakotislauksen tislusjäännös. Se merkitään kirjaimella B, jonka perään liitetty numero osoittaa keskimääräisen tunkeuman. Yleisesti käytetyt bitumit ovat

pehmeimmästä kovimpaan:

B-200

B-120

B-80

B-65

Näistä kolme ensimmäistä ovat tavallisia jyräasfaltin ja neljäs valuasfaltin sideaineita. Bitumi lämmitetään käytettäessä 100°C yläpuolelle.

Bitumien laatuvaatimukset esitetään liitteessä 2. Bitumia toimittavat mm:

Neste Oy

Esso Oy

Shell Oy

### 3.32 Bitumiliuokset

Bitumiliuos on bitumista ja haihtuvasta liuottimesta valmistettu liuos. Petroolityyppinen liuotin haihtuu verraten nopeasti. Bitumiliuos merkitään kirjaimilla Bl ja numerolla, joka ilmaisee viskositeettiluokan. Numeron kasvaessa bitumiliuos jäykkenee. Yleisiä liuoksia ovat:

Bl - 0

Bl - 3

Bl - 3k

Bitumiliuosta Bl-0 käytetään liimaukseen ulkoilman lämpötilassa. Muita joudutaan yleensä lämmittämään. Bitumiliuosta Bl-3 käytetään bitumiliuossorassa ja Bl-3k kylmissä paikkausmassoissa. Bitumiliuosten kanssa käytetään tavallisesti tartuketta (41).

Bitumiliuosten laatuvaatimukset ovat liitteessä 3.

### 3.33 Tieöljy

Tieöljy on bitumiliuosta vastaava bitumista ja liuottimesta tehty liuos. Liuotin haihtuu erittäin hitaasti. Haihtuminen kestää vuosia. Suomessa käytetään tieöljyä, jonka merkintä on Tö-3. Sitä käytetään lämmitettynä korkeintaan 105°C läm-



merolla. Tietervoja on käytetty Suomessa melko vähän. Asfalttibetonissa ja bitumisorassa on terva ollut sideaineena muutamissa töissä. Näissä päällysteissä on havaittu kesähelteillä pehmenemistä ja muitakin vaikeuksia. Sitä on saatu Novalit Oy:stä.

#### 4. LISÄAINEET LAATUVAATIMUKSINEEN

Eräissä päällysteissä käytetään kiviaineksen ja sideaineen lisäksi muita laatua parantavia aineita, joita ovat mm:

tartukkeet  
stabilointiaineet  
kumit

Näiden lisäaineiden käyttömäärä on yleensä hyvin pieni.

##### 4.41 Tartukkeet

Tartuke on aine, joka parantaa kiviaineksen ja sideaineen välistä tartuntaa, kun kiviaines sisältää vettä. Tartukkeita käytetään kylmäsekoitteisissa asfalttimassoissa, öljysorassa ja bitumiliuossorassa. Niissä on tartukkeena yleensä amiini sideaineeseen lisättynä. Lisäys tapahtuu sekoitusasemalla sideainesäiliöön. Tartuketta sisältävä sideaine on yleensä käytettävä yhden vuorokauden sisällä massan valmistukseen. Jos tartuke on ollut kuumassa sideaineessa yli 24 tuntia, on tartukkeen teho tutkittava kenttäkokein ja tarvittaessa sitä on lisättävä.

Öljysoran tartukkeena käytetään mono- tai diamiini tai niiden seosta. Viime vuosina on Suomessa käytetty Raision Tehaiden valmistamaa R-Amin St 3910 tartuketta, joka sisältää 10 % diamiinia ja 90 % monoamiinia. Tartukemäärä on normaalisti 1,2 % sideaineesta. Kuivatun kiviaineksen kanssa määrä on vähennetty 0,8 %.

Bitumiliuossoran tartukkeena käytetään diamiinia. Niitä ovat mm:

Duomeen T	(Flinkenberg & Co Oy)
Dinoram S	(Soffco Oy)
Disteronia So	(Aviana Ky)



Normaali tartukemäärä on 0,8 % sideaineesta. Kuivatun kiviaineksen kanssa on käytetty 0,5 %. Kolmen vuoden aikana tehtyjen kokeiden tulosten perusteella voidaan tartuke jättää bitumiliuossorassa kokonaan pois, mikäli kiviaines on kuivatettu kuumentamalla kunnolla alle 1 % vesipitoisuuteen.

#### Laatuvaatimukset

Tartuntavoiman tulee olla Hallbergin kokeella määritettynä vähintään 17 dyneä/cm.

Rajapintajännityksen tulee olla öljysoratartukkeella vähintään 9 dyneä/cm.

Tartukkeen tulee sulamiskokeessa sisältää vähintään 99 % sulavaa ainetta.

#### 4.42 Stabilointiaineet

Emulsiolietepintauksessa käytetään emulsion murtumisajan ja lietteen kovettumisajan säätämiseen sopivaksi levitystyön kannalta stabilointiainetta. Sopiva murtumisaika on noin 40 sek. Stabilointiaineen määrä riippuu muiden aineiden määrästä ja laadusta sekä ulkoilman lämpötilasta. Määrä voi vaihdella 0 - 0,8 % vedettömän massan painosta. Se on yleensä 0,2 %. Lietteeseen pitäisi kovettua 0,5 - 2 tunnissa niin, että sille voi laskea liikenteen.

Stabilointiaine vaikuttaa niin, että kun sen määrää lisätään murtumis- ja kovettumisaika yleensä pitenevät. Yleisin Suomessa käytetty aine on ollut Stabiram AD, jota edustaa Soffco Oy.

#### 4.43 Kumit

Kumia on käytetty Suomessa mm. silta- ja urheilukenttäpäälysteissä. Sitä voidaan lisätä sekä valu- että jyräasfalttiin. Kumina on ollut mm. Rub-Kor, Pulvatex ja Depol.

Päälysteissä voidaan käyttää muitakin lisäaineita esimerkik-

si väripigmenttejä.

## 5. KÄYTTÖMALLEJA

Seuraavassa esitetään päällysteiden raaka-aineiden käyttöä siten, että annetaan eräille päällysteille suhteitusmallit. Niihin sisältyy kiviaineksen, sideaineen ja lisäaineen laji ja määrä prosentteina koko seoksesta. Mallit eivät ole luonnollisesti sovellettavissa käytäntöön sellaisenaan vaan jokainen työ vaatii tarkemman analyysin.

### Asfalttibetoni Ab

Kiviaines		94 %
S 0-6 (+Hk)	60 %	
S 6-12	15 %	
S 12-25	20 %	
Kf	5 %	
Sideaine B-120		6 %

### Sora-asfalttibetoni SAb

Kiviaines		94 %
Ms 0-25	85 %	
Hk	10 %	
Kf	5 %	
Sideaine B-120		6 %

### Hiekka-asfalttibetoni HAb

Kiviaines		93 %
Hk	40 %	
S 0-6	13 %	
S 6-20	40 %	
Kf	7 %	
Sideaine B-80		7 %

### Bitumisora BSk

Kiviaines Ms 0-32 (+Hk+Kf)	95,5 %
Sideaine B-80	4,5 %



Bitumiliuossora BLS

Kiviaines Ms 0-18

95,8 %

Sideaine Bl-3, jossa tartuketta

4,2 %

Duomeen T 0,8 %

Öljysora ÖS

Kiviaines Ms 0-18

96,4 %

Sideaine Tö-3, jossa tartuketta

3,6 %

R-Amin St 3910 1,2 %

Valuasfaltti VA

Kiviaines

91 %

S 0-12

50 %

Hk

30 %

Kf

20 %

Sideaine B-65 (+Epuré+kumi)

9 %

Emulsioliete El

Kiviaines S 0-4

78 %

Sideaine K-0

14 %

Lisäaine Stabiram AD

0,2 %

Vesi

8 %





SORA - ASFALTTIBETONIN RAAKA-AINEET



Taulukko II: Päälystekiviainesten rakeisuusohjealueet.  
Lajitteiden ohjealueet (paino-%)

Seula mm	Päälyste			Kantava kerros				
	Ab			SAb		Ös ja Bls 0-18 mm	BSk 0-32 mm	Murskesora 0-64 mm
	0-6 mm	6-12 mm	12-25 mm	0-15 mm	0-25 mm			
100								100
64								95-100
55								88-100
32			100		100		100	67-100
25			95-100		95-100		90-100	58-100
20			65-95	100	85-95	100	80-95	51-93
16		100	35-60	90-100	77-90	85-100	70-88	45-85
12		95-100	0-15	78-92	68-83	70-90	63-82	38-76
8	100	35-55	0-10	60-78	57-74	54-77	55-75	30-65
6	95-100	0-15	0-5	53-70	51-68	47-69	45-65	27-59
4	80-87	0-10		45-63	42-62	35-58	40-61	20-50
2	59-68	0-5		33-50	32-51	24-43	34-55	12-38
1	44-52			23-42	23-43	15-32	24-46	6-28
0,5	32-41			17-35	16-33	10-23	15-37	3-20
0,25	21-32			10-25	11-24	6-15	10-28	1-15
0,125	12-24			5-16	6-14	4-8	6-19	0-10
0,074	5-17	0-2	0-2	3-10	3-9	2-6	4-12	0-8
							3-6	



BITUMIT

Liite 2

Ominaisuus	Laji	B-300	B-200	B-120	B-80	B-65	B-45	Tutkimusmenetelmä
Tunkeuma, 25°C, 1/10 mm		260-340	170-230	100-140	70-100	50-70	40,50,	ASTM D 5
Murtumispiste, Fraass. enintään °C		-20	-15	-12	-10	-8	-6	DIN 1995 U 6
Viskositeetti, 135°C, vähintään cSt		100	150	200	250	300	350	ASTM D 2170
Viskositeetti, 60°C, vähintään cSt		$1,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^4$	$25 \cdot 10^4$	ASTM D 2171
Liukoisuus hiilitetra- kloridiin vähintään, paino-%		99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	ASTM D 2042
Ohutkalvokoe Tunkeuma, 25°C, 1/10 mm, vähintään % alkuperäisestä		33	38	43	46	51	53	ASTM D 1754

Bitumit eivät saa sisältää laatuva huonontavia epäpuhtauksia. Bitumit valmistetaan eri raakaöljyistä valmistettujen bitumien seoksena, jossa nafteenistä länsiraakaöljyistä valmistetun bitumin osuus on vähintään 50 + 5 paino-%.

# BITUMILIUOKSET

Liite 3

Ominaisuus	Laji	BL-0	BL-2	BL-3	BL-4	BL-5	Tutkimusmenetelmä
Viskositeetti, 50°C cSt		30-60	300-600	1000-2000	3000-6000	10000-20000	ASTM D 2170
Jakotislauus:							ASTM D 402
Tislettä 360°C asti tislautuneesta määrästä							
190°C saakka, til.-% vähintään		15					
225°C " " "		55	40	20	8		
260°C " " "		75	65	55	40	10	
315°C " " "		90	87	83	80	60	
Tislausjäännös, til.-% alkuperäisestä, vähintään		55	67	75	82	82	
Tislausjäännöksen ominaisuudet:							
Tunkeuma, 25°C, 1/10 mm		120-250	120-250	120-250	80-200	120-250	ASTM D 5
Venymä, 25°C, cm vähintään		100	100	100	100	100	ASTM D 113
Liukoisuus hiilitetrakloridiin, paino-% vähintään		99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	ASTM D 2042
Vettä, paino-% enintään		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	ASTM D 95
Leimahduspiste, °C vähintään		21	25	30	40	45	DIN 53213
Palavien nesteiden luokka		II	II	II	II	II	

Bitumiliuokset eivät saa sisältää laatua huonontavia epäpuhtauksia. Bitumiliuokset BL-0, BL-4 ja BL-5 valmistetaan eri raakaöljyistä valmistettujen bitumien seoksena, jossa nafteenisista länsiraakaöljyistä valmistetun bitumin osuus on vähintään 50 ±5 paino-%. Lajit BL-2 ja BL-3 on kuitenkin valmistettava käyttäen yksinomaan nafteenisista raakaöljyistä valmistettua bitumia. Lajiin BL-0 on ennen toimitusta lisättävä 1,0 paino-% hyväksyttävää diamini-tartuketta. Tartukelisyksen jälkeen ei tuotteen enää tarvitse täyttää edellä mainittuja laatuvaatimuksia.



Ominaisuus	T8-3	Tutkimusmenetelmä
Viskositeetti, 50°C, cSt	500-800	ASTM D 2170
Jakotislauus		ASTM D 402
Tislettä (ilman vettä) alku- peräisestä määrästä		
225°C asti, til.-%, enintään	0	
260°C " " "	0,5	
315°C " " "	4	
360°C " " "	10	
Tislausjäännöksen viskositeetti, 50°C, cSt, vähintään	2400	ASTM D 2170
Vettä, paino-%, enintään	0,5	ASTM D 95
Leimahduspiste, PM, °C, vähintään	70	ASTM D 93
Palavien nesteiden luokka	III	

Tieöljy ei saa sisältää laastua huonontavia epäpuhtauksia.

# KATIONISET BITUMIEMULSIOT

Liite 5

Laji	Nopeasti murtuvat emulsiot		Keskinopeasti murtuva emulsio	Sekoitus-emulsio	Tutkimusamenetelmä
	N-0	N-1	K-0	S-0	
Ominaisuus					
Viskositeetti, 1,50°C, cSt	25-100	100-400	25-100	25-100	DIN 1995 U 14
Tislauk 260°C asti					ASTM D 244
Öljytislettä, til.-%	0,3	0,3	0,3	3-15	
Tislaukjännös- paino-% vähintään	60	65	60	55	
Tislaukjännöksen ominaisuudet					
Tunkouma, 25°C, 1/10 mm	100-300	100-300	100-300	100-300	ASTM D 5
Liukoisuus hiilitetrakloridiin, paino-%, vähintään	99,5	99,5	99,5	99,5	ASTM D 2042
Seulontajännös 1 mm:n seulalla paino-% enintään	0,1	0,1	0,1	0,1	ASTM D 244 1)
Lackouma, 5 vrk, paino-% enintään	4	4	4	4	ASTM D 244

Emulsion tulee olla tasalaatuista. Se ei saa sisältää laetua huonontavia epäpuhtauksia. Bitumiemulsiot N-0, N-1 sekä K-0 valmistetaan nafteenisista länsiraakaöljyistä valmistetusta bitumista. Lajin S-0 valmistukseen voidaan käyttää nafteenista tai parafiinisista raakaöljyistä valmistettua bitumia tai niiden seosta. Jos emulsio toimitetaan ennen kuin 5 vrk on kulunut valmistumisesta, ei laskeumavaatimusta oteta huomioon.

1) Alkuperäisestä menetelmästä poiketen käytetään 1 mm:n seulaa ja seulontajännös pestään tislattulla vedellä.



TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

VANH.INS. MARTTI ANNILA

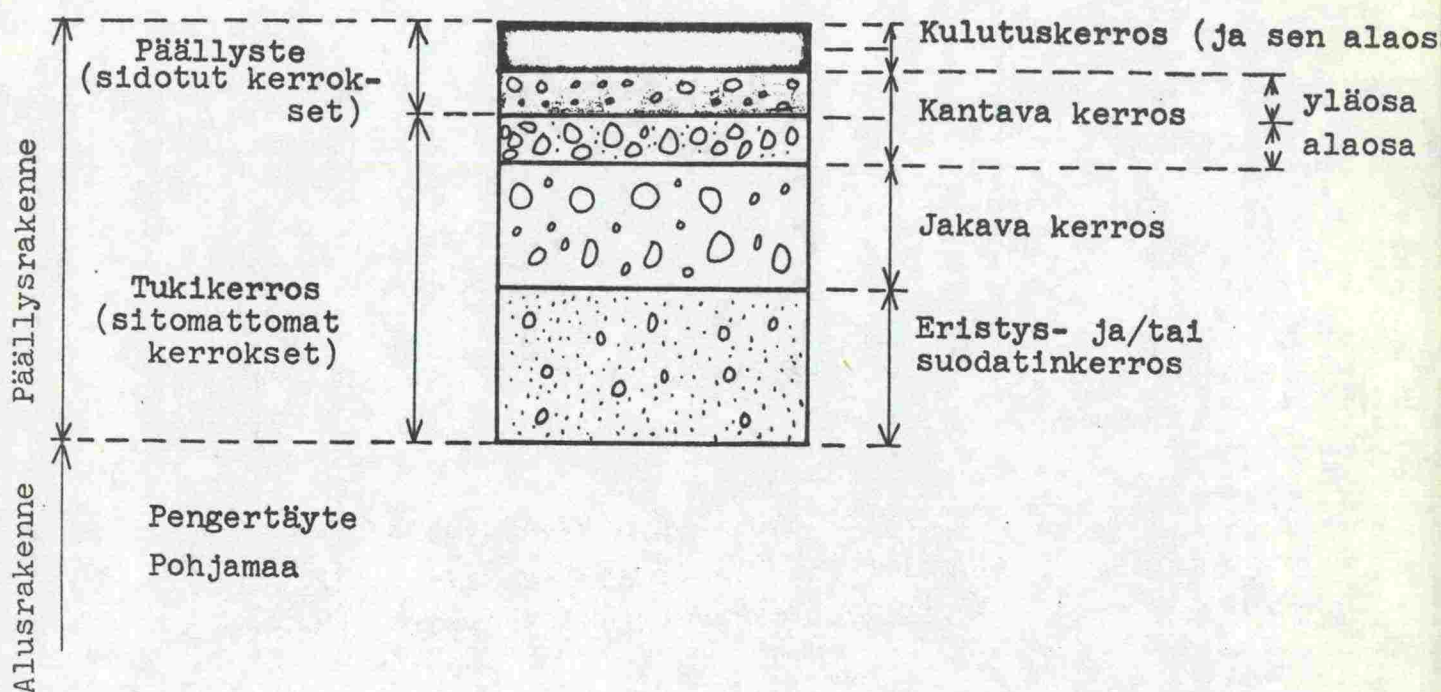
II PÄÄLLYSTEEN ALUSTA JA ESITYÖT

## II PÄÄLLYSTEEN ALUSTA JA ESITYÖT

### 1. TIEN RAKENTEIDEN NIMITYKSET

Tie- ja katurakenteeseen kuuluu alus- ja päällysrakenne (kuva 1). Alusrakenteella tarkoitetaan tasattua ja tiivistettyä pohjamaata ja sen päällä olevaa pengertä. Päällysrakenne muodostuu sitomattomasta tukikerroksesta ja sidotuista päällystekerroksista. Tukikerrokseen voi kuulua eristys-, suodatin- ja jakava kerros sekä kantavan kerroksen sitomattomat osat. Päällysteeseen kuuluvat kaikki päällysrakenteen sidotut kerrokset.

Kuva 1. Tien rakenteiden nimitykset



### 2. TIEN PÄÄLLYSRAKENTEEN MITOITUKSESTA

Tien päällysrakenne mitoitetaan yleensä 20 vuoden liikennekuormitusta varten.

Mitoituksessa otetaan huomioon liikenteen määrä ja paino, alustan kantavuus- ja routivuusominaisuudet, päällysrakenteeseen käytettävien kerrosten ominaisuudet ja tien pinnal-



ta vaadittava palvelutaso.

Liikennekuormituksen määrä selvitetään laskemalla liikenne-ennusteen avulla tien raskaimmin kuormitetun ajokaistan kuormituskertaluku. Kuormituskertaluvulla tarkoitetaan tien koko käyttöajalta laskettua 10 tonnin painoisten akselien ylitysmäärää. Henkilö- ja pakettiautojen lasketaan vastaavan 0,0003:a, linja-autojen ja 2-akselisten kuorma-autojen 0,4:ä ja moniakselisten kuorma-autojen 1,0:a 10 tonnin akselia.

Alusrakenteet jaetaan kuuteen kantavuus- ja routivuusluokkaan:

- I. Kallio ja louhoskivet
- II. Sorat ja routimattomat soramoreenit
- III. Hiekat ja karkeat hiedat
- IV. Routivat sora-, hiekka- ja karkeahietamoreenit sekä kuivakuorisavet
- V. Hiesu- ja hienohietamoreenit sekä hiesut ja hienot hiedat
- VI. Turpeet, pehmeät savet ja liejut

Tie- ja vesirakennuslaitoksen normikansioissa on esitetty eri kantavuus- ja routivuusluokissa sekä eri kuormituskertaluvuilla vaaditut kerrospaksuudet (lehdet IV 4.1-6 - IV 4.1-11) ja erilaiset päällysrakenteen yläosan vaihtoehdot (lehti IV 4.1-12). Tämän esityksen taulukossa 1 on esitetty uuden päällystenormiehdotuksen mukaiset vaatimukset eri rakennekerrosten vähimmäispaksuuksista.

Taulukko 1 (liite).

Päällysrakenteissa 3-6 voidaan sitomattomia kerroksia korvata sidotuilla. Tällöin lasketaan erilaatuisten kerrosten vastaavan toisiaan seuraavasti:

Kerros	Kantava kerros murskatusta ki- viaineksesta	Tukikerros luonnonkivi- aineksesta
Bitumilla sidottu kantava kerros murs- katusta kiviainekses- ta, 1 cm	2	3
Maabetonimassasta tehty kantava kerros, 1 cm	2	3

Harkittaessa sitomattomien kerrosten korvaamista sidotuilla ovat kustannuskysymykset ratkaisevia.

Alusrakenteen on oltava tasainen, tasalaatuinen ja kantava sekä roudan ja veden vaikutusta kestävä. Tiiviysvaatimusten osalta viitataan tie- ja vesirakennushallituksen laadunvalvontaohjeisiin Alusrakenne ja päällysrakenteen sitomattomat kerrokset.

### 3. SITOMATTOMIEN KERROSTEN RAKEISUUSVAATIMUKSET

Suodatin-, eristys- ja jakavan kerroksen sekä kantavan kerroksen sitomattoman osan kiviaineksen rakeisuusvaatimukset on esitetty kuvassa 2(liite). (Kuvassa on esitetty myös päällystekiviainesten rakeisuusvaatimukset).

Kiviainesten rakeisuuskäyrien olisi seurattava rajakäyrien suuntaa. Suurin tiiviys saavutetaan, kun rakeisuuskäyrä on suunnilleen ns. Fullerin käyrän muotoinen. Tämä käyrä voidaan esittää seuraavasti:

$$\text{Läpäisyprosentti määrättyllä seulalla} = \sqrt{\frac{\text{seulan koko}}{\text{max.raekoko}}}$$

Suodatinkerroksen käytöstä ei tie- ja vesirakennuslaitoksessa ole yksityiskohtaisia määräyksiä. Sen käyttö on jätetty suuressa määrin harkinnanvaraiseksi asiaksi, joskin on määrätty, että suodatinkerrosta on tarvittaessa käytettävä. Ainakin suuntaa antavana ohjeena voidaan pitää seuraavaa sallaajien suodatinsoran tutkimusten perusteella annettua sääntöä:



$$\frac{D_{15} \text{ (suodatin)}}{D_{85} \text{ (perusmaa)}} = 5$$

Jakavan kerroksen rakeisuuden ohjealue on laaja ja käy päällekkäin mm. eristyskerroksen rakeisuuden ohjealueen kanssa. Tie- ja vesirakennushallituksen Maarakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeita osa V mukaan onkin raekokosuhteen  $d_{60}/d_{10}$  oltava vähintään 12, mutta mieluummin yli 15. Eristyskerroksessa tämän suhteen olisi oltava yli 7.

Uusi ohje jakavan ja kantavan kerroksen rakeisuuskäyrän muodosta kuuluu:

$$k = \frac{(d_{30})^2}{d_{10} \cdot d_{60}} = 1...3 \quad (\text{Fullerin käyrällä } k = 2,25)$$

Tämä määräys on hyvinkin tiukka luonnonsoria ajatellen.

Kalliosta murskatun jakavan kerroksen rakeisuuden ohjealuetta ei ole vielä määrätty. Asian selvittely on kesken. Rakeisuuskäyrä tulee ilmeisesti olemaan lähellä jakavan ohjealueen oikeanpuoleista rajakäyrää mutta sisältää hienoja rakeita enemmän.

Sitomattoman kantavan kerroksen rakeisuus on varsin tarkasti määrätty.

Yleisenä määräyksenä on mainittava, että tien päällysteen alustan on oltava routimaton, karkeahko, kiinteä ja vettä läpäisevä.

#### 4. TIIVIYS- JA KANTAVUUSVAATIMUKSET

Sitomattomien kerrosten tiiviys- ja kantavuusvaatimukset ovat seuraavat:

	Päällys- rakenne	Levykuormituskoe				Tiiviysaste %	
		$E_2$ kg/cm <sup>2</sup>		$E_2/E_1$ kg/cm <sup>2</sup>			
		Keski- arvo	Yksittäi- nen koe- tulos	Keski- arvo	Yksit- täinen koe- tulos	Keski- arvo	Yksittäinen koetulos
Suodatin- ja eristyskerros	1,2,3 ja 4 5 ja 6	- -	- -	- -	Ks. laadunvalv. ohjeiden liite n:o 15	≥ 95 -	≥ 90 -
Jakava kerros	1,2,3 ja 4 5 ja 6	≥ 1250 ≥ 1000	≥ 875 ≥ 700	≤ 2,20 ≤ 2,20		≥ 97 -	≥ 92 -
Kantava kerros	1,2,3 ja 4 5 ja 6	≥ 1750 ≥ 1500	≥ 1225 ≥ 1050	≤ 2,20 ≤ 2,20		≥ 97 -	≥ 92 -

Näiden tiiviysvaatimusten täyttämisessä saattaa esiintyä huomattaviakin vaikeuksia varsinkin eristyskerroksen osalta. Eristys- ja jakavakerros tehdään yleensä talvella, jolloin tiivistäminen vaadittuun tiiviyteen on vaikeata. Tästä joh-  
tuu, että eristyskerrosta joudutaan tiivistämään jakavan  
päältä. Jyrien tiivistämiskyky voi olla riittämätön niin  
paksuille kerroksille, joita tällöin joudutaan tiivistämään.  
Tiivistämistehoa vähentää huomattavasti se, että eristys-  
kerroksen vesipitoisuus on yleensä paljon alle optimin ja  
kastelu jakavan kerroksen läpi on vaikeata ja usein mahdo-  
tonta. Raskaat täryjyrät lienevät tehokkaimmat tähän tiivis-  
tustyöhön.

Kantavuusarvot riippuvat eräistä sellaisista tekijöistä,  
jotka vähentävät kokeiden tarkkuutta. Eräs tällainen tekijä  
on vesipitoisuus. Se voi ratkaisevasti vaikuttaa saatuun  
kantavuusarvoon. Tämän takia tultaneenkin antamaan lisäoh-  
jeita kokeen suoritusajasta. Myös kivisyys vaikuttaa kanta-  
vuusarvojen hajontaan huomattavasti.

5. SITOMATTOMIEN KERROSTEN RAKENTAMISESSA NOUDATETTAVAT  
MITTATOLERANSSIT JA PÄÄLLYSTEEN ALUSTAN LAATU



Kerrosten paksuuksien ja pinnan korkeuksien suhteen ovat voimassa seuraavat tarkkuusvaatimukset:

	Sall. keskim. poikkeama oik. tasosta cm	Yksittäisen kohdan sall. poikkeama oik. tasosta cm	Suurin sall. littu epä- tasaisuus 5 m:n matkalla mm
Suodatin- ja eristyskerros	-3, +3	-5, +5	50
Jakava kerros	-2, +0	-4, +0	30
Kantava kerros	<u>+1</u>	<u>+1</u>	20

Alustan taseaus on suoritettava siten, että on mahdollista saavuttaa asetetut päällysteen massamäärä- ja tasaisuusvaatimukset.

Ennen päällysteen vetoa on myös tarkistettava, että tien poikittaistalvevuudet ovat oikeat.

Alustan on oltava pinnaltaan karkea, niin ettei levitetty massa pääse liukumaan eikä repeilemään jyrättäessä. Tarvittaessa on pinta karkeutettava sepelillä tai murskeella. Alustaa tasattaessa on liiallinen hienoaaines poistettava. Liiallinen jyräys saattaa nostaa hienoa ainesta liiaksi pintaan.

#### 6. VANHA PÄÄLLYSTE UUDEN PÄÄLLYSTEEN ALUSTANA

Milloin päällysteen alustana on vanha, kuumana sekoitettu päällystekerros, se yleensä soveltuu sellaisenaan uuden päällysteen alustaksi. Esitöinä tulee kysymykseen vanhan päällysteen puhdistaminen pölystä, liasta ja irtoaineksista sekä mahdollisten pehmeiden öljysora- tai muiden kylmämassapaikkojen poistaminen tai stabiloiminen. Bitumiliuosora soveltuu useimmiten kuumapäällysteiden alustaksi. Pehmeät kohdat on kuitenkin poistettava.

Milloin alustana on vanha öljysorapäällyste, se yleensä ei ole muodoltaan oikea. Öljysorapäällyste joko poistetaan tai revitään, jonka jälkeen tielle levitetään murskesora, joka tasoitetaan, muotoillaan ja tiivistetään.



## 7. PÄÄLLYSTEEN ALUSTAN RAKENTAMISESTA

Ennen kuin päällysteen alusta lopullisesti muotoillaan päällysteen laskemista varten on varmistauduttava siitä, että routa on täydellisesti sulanut tien rungosta. Tämä saattaa toisinaan tapahtua vasta loppukesällä erikoisesti silloin, kun kerrokset on talvella tehty jäätyneen maan, esim. vanhan tien päälle ja kesä on vähäsateinen.

Yleinen liikenne aiheuttaa paljon haittaa päällysteen alustan rakentamisessa ja viimeistelyssä. Yleensä kannattaa ohjata yleinen liikenne sivuun, missä se on mahdollista. Liikenne on tosin hyvin tehokas tiivistäjä, mutta perusparannustyömailla, joilla yleinen liikenne eniten tuottaa haittaa, ovat tiivistettävät kerrokset yleensä niin ohuita, että tiivistäminen onnistuu hyvin ja taloudellisesti normaalilla tiivistyskalustolla. Yleisestä liikenteestä on työmaan kannalta paljon enemmän haittaa kuin hyötyä. Tien pitäminen liikennettä tyydyttävässä kunnossa aiheuttaa suuria kustannuksia. Liikenne aiheuttaa myös kiviaineksen erottumista, mikä heikentää työn laatua ja aiheuttaa kustannuksia.

Kantavan kerroksen alaosan rakentamisesta on tekeillä tie- ja vesirakennushallituksen järjestelytoimiston toimesta tutkimus. Siinä selvitetään erilaisia rakentamistapoja ja niiden kustannuksia. Tulokset saadaan todennäköisesti käyttöön ensi kesään mennessä. Kantavan kerroksen murskeen levityksessä käytetään kuten tunnettua tiehöylää, tela- tai pyörätraktoria tai levityskelkkaa. Levityskelkan käytöstä on saatu hyviä kokemuksia. Tällä työtavalla on saatu selviä kustannussäästöjä. Työn laatu on myös saatu tasaisemmaksi kuin muilla työtavoilla. Tasaustöiden osuus on jäänyt pienemmäksi ja murskeen menekki on ollut tasaista.

Päällysteen alustan rakentamisessa on tiivistäminen hyvin oleellinen työvaihe. Tiivistämistyötä on tehtävä riittävän paljon tiiviys- ja kantavuusvaatimusten täyttämiseksi. Toisaalta tarpeetonta tiivistämistä on vältettävä, koska se on tuhlausta ja saattaa aiheuttaa haittojakin, esim. hie-  
non aineksen nousua pintaan ja kiviaineksen murskautumista.



Tässä yhteydessä ei ole mahdollista syventyä kovin yksityiskohtaisesti varsin monitahoiseen tiivistämiskysymykseen. Seuraavassa esitetään vain eräitä tärkeimpiä näkökohtia.

Rakeisuus vaikuttaa  $\gamma$  maks ja  $w$  opt arvoihin siten, että mitä hienojakoisempaa maa on, sitä pienempi on  $\gamma$  maks arvo ja sitä suurempi  $w$  opt arvo. (kuva 3). Rakeisuuskäyrän muoto vaikuttaa siten, että tasarakeisen maan  $\gamma$  maks arvo on pienempi kuin suhteistuneen maan ja tämä  $\gamma$  maks arvo saavutetaan pienemmällä työmäärällä (kuva 4). Hienorakeinen maa vaatii suuremman tiivistystyömäärän kuin karkearakeinen. Kerrosmateriaalien ollessa kysymyksessä ei tällä erolla lie-  
ne merkittävää osuutta.

Vesipitoisuus vaikuttaa siihen, miten suuri tilavuuspaino voidaan saavuttaa ja millainen työmäärä tarvitaan. Ennen kuin kasteluun ryhdytään on syytä selvittää, miten paljon vesipitoisuutta voidaan lisätä, mitä tämä lisäys vaikuttaa tiivistystyöhön ja mitä se maksaa. Kastelu on kallista jyräystyöhön verrattuna. Toisinaan kastelu voi aiheuttaa sen, että joudutaan sellaiselle vesipitoisuusalueelle, jolla  $\gamma$  maks on pienimmillään. Näin voi käydä lähinnä eristyskerroksessa.

Kerralla tiivistettävän kerroksen paksuus on tärkeimpiä tiivistämisessä esiintulevia kysymyksiä. Taulukossa 5 on esitetty ruotsalaisen Forsbladin suositus kerralla tiivistettävien kerrosten paksuuksista tärylevyillä ja täryjyrillä ja taulukossa 6 saksalaisen Banaschek'in suositus kerros-  
paksuuksista kumipyöräjyrillä.

Maalaji	Kerrospaksuus (m)			
	tärylevy 100-200 kg	tärylevy 400-600 kg	tärylevy 1-2 tn	täryjyrä 3-4 tn
Sr Hk kHt SrMr HkMr hHt Ms Sa	0.20	0.30	0.40	0.50
	-	0.15	0.20	0.30
Jyräyskerrat	4	4	6	6

Taulukko 5. Kerrospaksuudet ja jyräyskerrat tärylevyillä ja täryjyrillä

Tiivistettävän kerroksen pak- suus (cm)	Pyöräpaino (tn)
30	1.4 - 1.7
50	2.2 - 2.5
70	4.0 - 4.5

Taulukko 6. Tiivistettävän kerroksen paksuuden riippuvuus pyöräpainosta

Kumipyöräjyrällä on syytä käyttää alusta lähtien mahdollisimman suurta rengaspainetta (kuva 5).

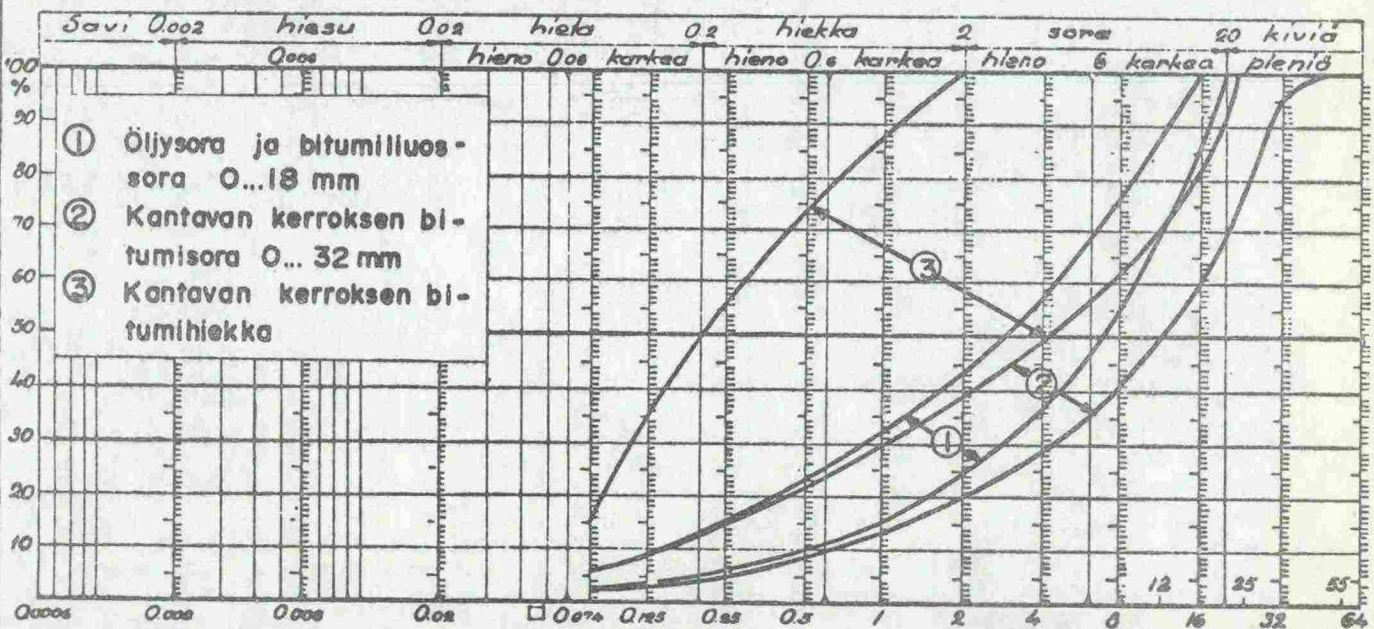
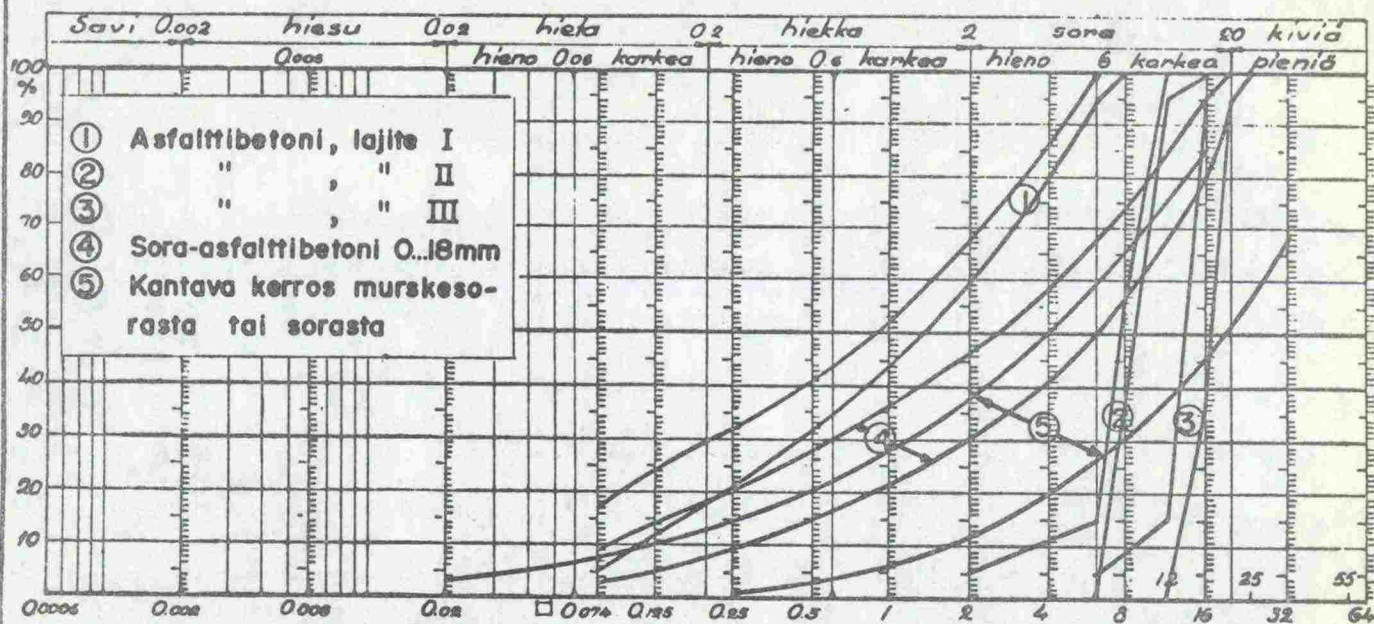
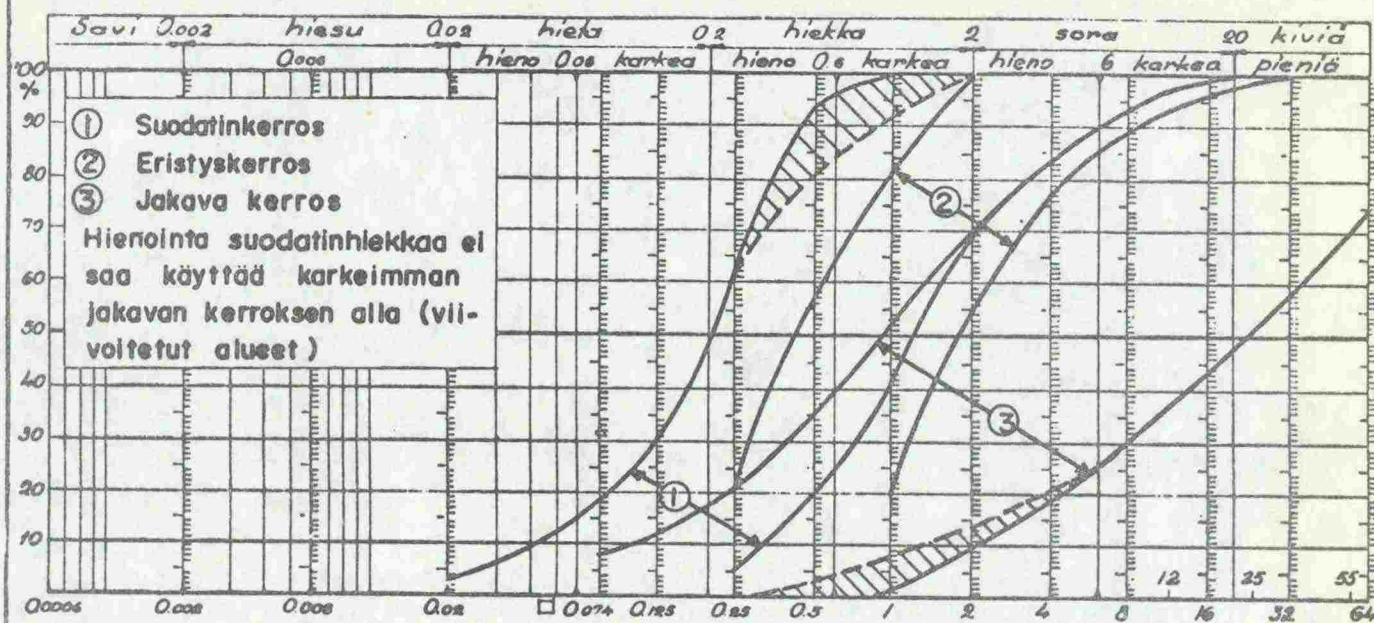
Kantavan kerroksen alaosan tiivistäminen ei työnä ole suuri eikä vaikea. Kysymyksessähän ovat ohuet kerrokset, jotka tiivistyvät normaalilla kalustolla muutamalla jyräyskerralla. Yleinen liikenne aiheuttaa kantavan kerroksen tiivistyksessä suurimmat vaikeudet. Liikenteen takia joudutaan tekemään paljon muuten tarpeetonta kastelu-, tasaus- ja tiivistystyötä. Eri tekijöiden, kuten rakeisuuden, vesipitoisuuden ja tiivistystyön määrän merkityksestä tiivistystyössä antanee parhaillaan käsiteltävänä oleva tiivistystutkimus lisävalaistusta.



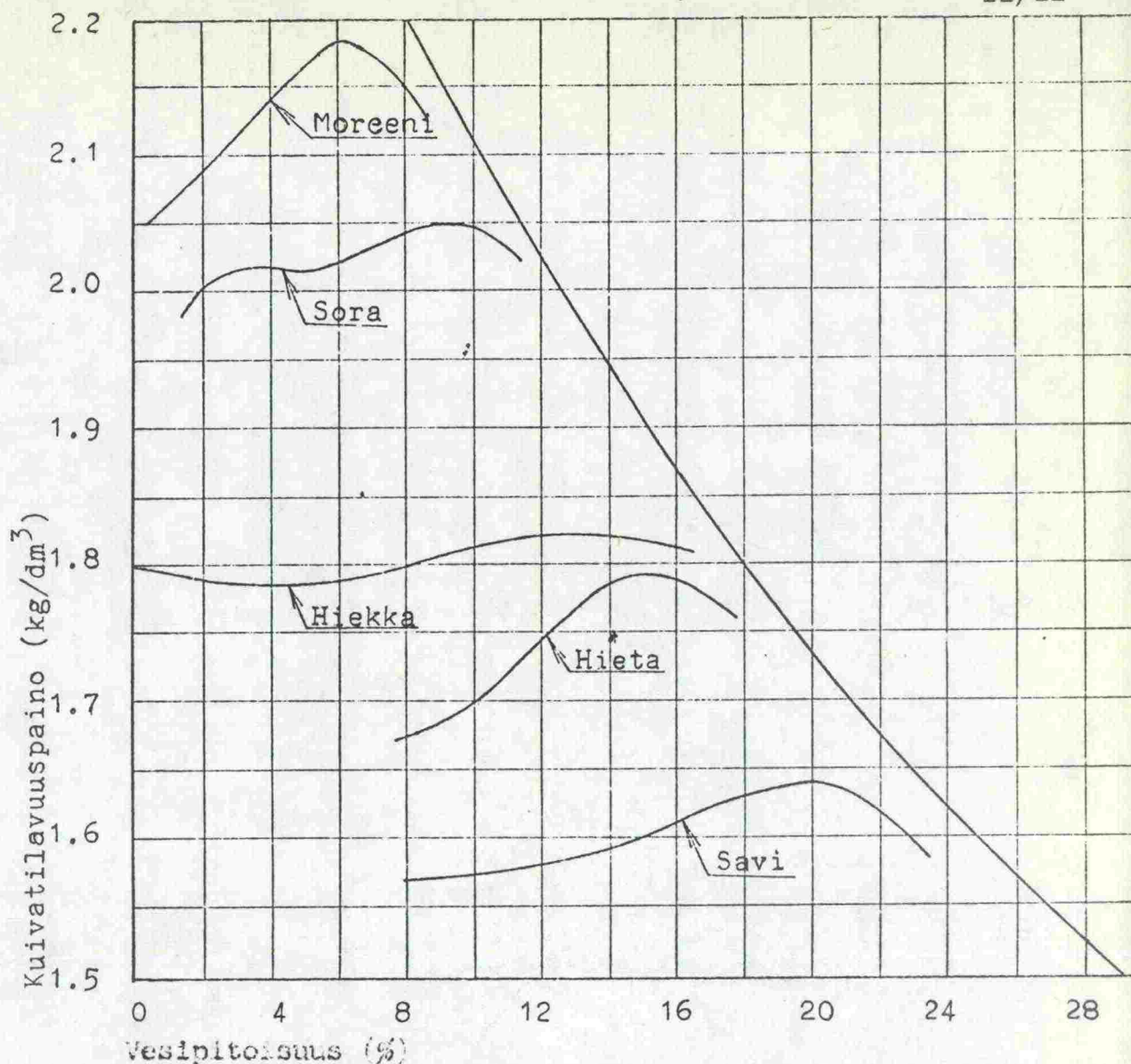
TAULUKKO 1

Alusrakenne		Päällysrakenne								
		Kerrok- set	8 $K < 4 \times 10^4$	7 $K < 1,5 \times 10^5$	6 $K < 4 \times 10^5$	5 $K < 1 \times 10^6$	4 $K < 2 \times 10^6$	3 $K > 2 \times 10^6$	2 $K > 4 \times 10^6$	1 $K > 6 \times 10^6$
I	Kallio ja louhoskivet	Sidotut Kantava Tuki Yhteensä	5 10 - 15	5 10 - 15	5 15 - 20	10 15 - 25	12 15 - 27	15 15 - 30	23 10 - 33	28 10 - 38
II	Sorat ja routimattomat soramcreenit	Sidotut Kantava Tuki Yhteensä	5 10 - 15	5 10 - 15	8 15 - 23	12 15 - 27	15 15 - 30	20 15 - 35	23 10 - 33	28 10 - 38
III	Hiekat ja karkeat hiedat	Sidotut Kantava Tuki Yhteensä	5 10 20 35	5 10 25 40	8 15 25 48	12 15 30 57	15 15 35 65	20 15 35 70	23 15 32 70	28 15 32 75
IV	Routivat sora- hieka- ja kar- keahietamoree- nit ja ns. kui- vakuorisavet	Sidotut Kantava Tuki Yhteensä	5 10 40 55	5 10 45 60	8 15 45 68	12 15 50 77	15 15 55 85	20 15 55 90	23 15 52 90	28 15 52 95
V	Hiesä- ja hieno hietamoreenit sekä hiesut ja hienot hiedat	Sidotut Kantava Tuki Yhteensä	5 10 45 60	5 10 55 70	8 15 55 78	12 15 60 87	15 15 65 95	20 15 70 105	23 15 62 100	28 15 62 105
VI	Turpeet, pehmeät savet ja liejut	Sidotut Kantava Tuki Yhteensä	5 10 55 70	5 10 65 80	8 15 65 88	12 15 70 97	15 15 75 105	20 15 80 115	23 15 82 120	28 15 82 125



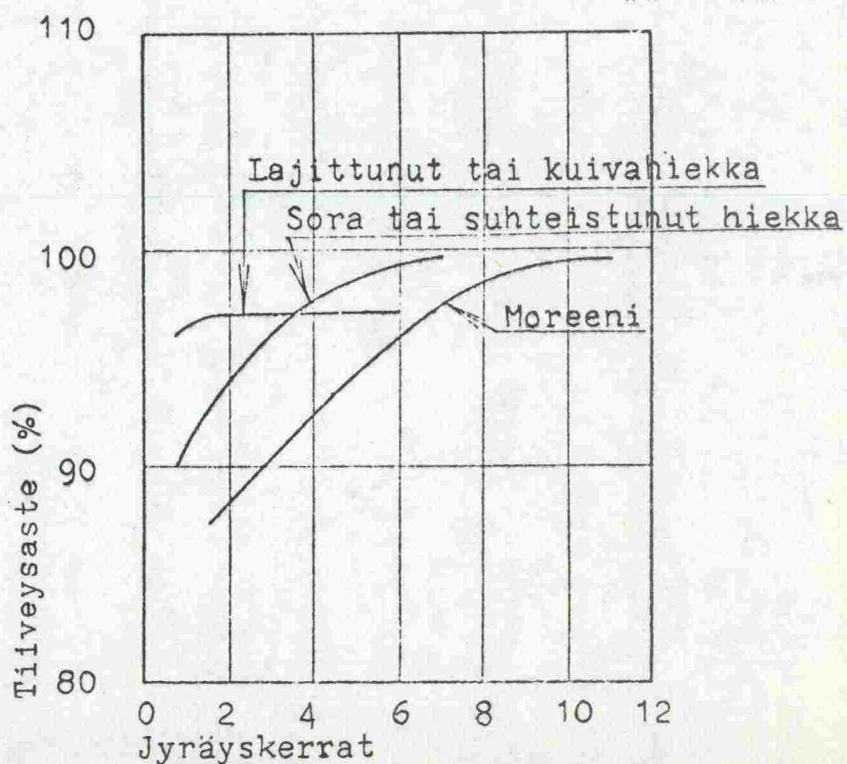




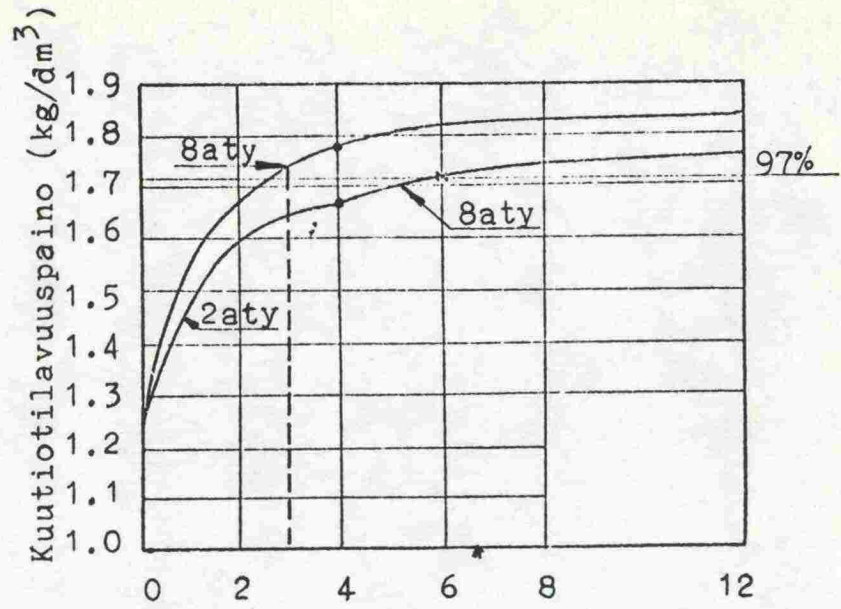


Vesipitoisuus (%)

Kuva 3. Vesipitoisuuden ja Proctor-kokeessa saavutetun kuivatilavuuspainon välinen yhteys eri maalajeilla



Kuva 4. Tiiveysasteen ja jyräyskertojen välinen yhteys.



Kuva 5. Rengaspaineen vaikutus jyräyskertämääriin.



# TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

DIPL.INS. ARVO KAKSONEN

## III TYÖKONEET JA MENETELMÄT

### III TYÖKONEET JA MENETELMÄT

#### 1. TYÖKONEET

##### 1.1 ASFALTTIASEMAT

Asfalttiasemat ovat 1960-luvulla kehittyneet suurtehoisiksi asfalttimassan tuotantolaitoksiksi, joissa eri toiminnot ohjataan automatiikkaa hyväksikäyttäen. Asfalttiasemien kehitys on kulkenut rinnan Suomen tieverkoston parantamisen kanssa. Kun vuonna 1955 aloitettiin valtateiden päällystäminen, oli maassamme vain muutamia asemia, teholtaan 20 - 60 t/h. Tällä hetkellä on asemien lukumäärä jo 120 kpl, joista suurimmat ovat noin 200 t/h. Vuosittain valmistavat nämä asemat noin 3 milj. tonnia asfalttimassaa eri puolella Suomea. 1960-luvun alkuvuosien laaja teiden öljysorastaminen kehitti maahamme suurtehoisia 150 - 200 t/h rakenteeltaan yksinkertaisempia öljysora-asemia. Paitsi työkohteiden suureneminen myös ns. paksujen päällysteiden käyttö sekä tien alempien rakennekerrosten teko asfalttimassasta on tehnyt mahdolliseksi asfalttiasemien lisääntyneen tehon hyväksikäytön.

Maassamme käytettävät asfalttiasemat ovat pääasiassa joko suomalaista, tanskalaista, englantilaista tai saksalaista valmistetta.

##### 1.11 Asfalttiasemien rakenne

Eri asfalttiasematyypeissä voidaan toiminnallisesti erottaa seuraavat työvaiheet:

- kiviaineksen syöttö
- kiviaineksen kuivaus ja kuumennus
- täytejauheen lisäys
- sideaineen syöttö
- massan sekoitus
- massan varastointi



Asfalttiasemissa voidaan erottaa näihin toimintoihin vastaavat rakenneosat:

- kiviaineksien syöttölaite
- kuivausrumpu siihen liittyvine pölynpoistolaitteineen
- seulontalaite, välisiilot, vaakalaitteet ja sekoitin
- fillerin syöttölaitteet
- sideaineen syöttö- ja annostelulaitteet
- ohjausvaunu
- varastosiiilot

Eri asfalttiasemat poikkeavat toisistaan lähinnä siinä, onko seula + siilo-osa sijoitettu sekoittajan yläpuolelle, jolloin lajitellut kiviaines vapaasti putoaa vaakaan, ns. torniasemat (kuva 1), vai onko seula + siilo-osa samassa tasossa sekoittinosan kanssa, jolloin kiviaineksen siirtoon tarvitaan elevaattori tai kuupparata.

Massan sekoittaminen voi tapahtua annoksittain, ns. annossekoittimet tai jatkuvatoimisena, ns. jatkuvatoimiset sekoittajat.

#### 1.111 Kiviaineksien syöttölaite

Asfalttimassoihin käytettävät kiviaineslajitteet syötetään siiloihin yleensä kauhakuormaajalla. Siirrettävissä asfalttiasemissa on siilojen luku 3 - 4 kpl, mutta kiinteissä asemissa jopa 10 kpl. Kiviaineksen esisuhteitus tapahtuu tässä syöttölaitteessa. Tätä varten on siilojen alaosassa joko tärysyötin, levy-, lamelli- tai hihnasyötin säädettävine luukkuineen. Uusissa asfalttiasemissa kiinnitetään erittäin suurta huomiota kiviaineksen tarkkaan esisuhteitukseen, koska tässä tapahtuneita suurempia heittoja ei enää pystytä jälkivaiheessa kokonaan poistamaan.

#### 1.112 Kuivausrumpu ja pölynpoistolaitteet

Kuivausrummut toimivat vastavirtaperiaatteen mukaan, jolloin rummun toisesta päästä sisään syötetty kiviaines joutuu virtaamaan toisesta päästä lähtevän öljypolttimen liekin läpi.

Syntynyt vesihöyry imetään imurilla, joiden tehot suurissa rummuissa ovat 50 000 - 90 000 m<sup>3</sup>/h. Höyryvirtauksen mukana poistuu kiviaineksesta hienoja rakeita, jotka joutuvat edelleen pölynpoistolaitteisiin.

Rummun teho on riippuvainen seuraavista seikoista:

- kiviaineksen kosteuspitoisuus
- poistokaasujen nopeus kuivausrummussa
- öljypolttimen polttoöljyn määrä ja laatu
- öljypolttimen syöttöilman määrä
- kuivausrummun kaltevuus
- kuivausrummun halkaisija
- kuivausrummun pituus
- kuivausrummun nostokuoppien muotoilu ja järjestely

Öljynkulutus kuivausrummuissa vaihtelee yleensä välillä 5 - 10 kg/massatonni.

Rummuissa käytettävä polttoöljy on laadultaan kevyttä polttoöljyä no 1 tai raskasta polttoöljyä no 4. Raskas polttoöljy vaatii palaakseen esilämmityksen, joka yleensä suoritetaan sähkövastuksilla.

#### Pölynpoistolaitteet

Kuivausrummusta imetty kaasu + vesihöyryseos sisältää runsaasti hienoa kiviainesta, joka tarvitaan asfalttimassan valmistuksessa ja on siis erotettava poistoilmasta. Aikaisemmin oli asemissa 1 - 2 kpl syklooneja, jotka suorittivat vain karkeiden rakeiden erottamisen. Hienompi kiviaines puhallettiin ympäristöön. Asfalttiasemat olivatkin erittäin pölyäviä laitoksia.

Ympäristönsuojelukysymykset sekä hienon kiviaineksen talteenotto ovat pakottaneet kehittämään myös pölynpoistolaitteita. Ensiksi suoritetaan karkeiden rakeiden erottaminen savukaasuista esierottimella, jona toimivat normaalisykloonit. Näiden hyötysuhde on noin 75 - 80 %. Lisäämällä tämän jälkeen multisykloonit päästään erotetussa määrässä noin 90 - 95 %:iin (kuva 2). Tällä kokoonpanolla erotetaan lähes kaikki kiviainesrakeet 40 µm saakka. Mikäli on välttämätöntä erottaa vielä hienompi kiviaines, esim. laitoksissa, jotka sijaitsevat asutuksen lähetyvillä, asetetaan multisykloonien jälkeen joko vesipesulaitteet tai



kangassuodatinlaitteet. Näillä laitteilla saavutetaan yli 99 %:n pölynpoisto.

Vesipesulaitteet vaativat melko suuret altaat, joissa kiviaines-hiukkaset voivat laskeutua, jotta samaa vettä voidaan käyttää uudelleen.

Lietteen poiskuljetus tuottaa usein hankaluuksia ja näillä laitteilla menetetään hienoin kiviainesmateriaali, joka voitaisiin käyttää massan valmistuksessa. Etuna voidaan pitää laitteiden edullisempaa hankintahintaa.

Kangassuodattimet ovat astuneet markkinoille aivan viime vuosina. Näissä tapahtuu erotus siten, että pölyinen ilma imetään suodatinpussien tai suodatinlokeroiden seinämien läpi. Kertynyt hieno kiviaines poistetaan suodattimista käyttämällä ravistusta sekä päinvastaiseen suuntaan kulkevaa puhallusilmaa. Näillä laitteilla voidaan alentaa poistokaasujen pölymäärää niinkin alhaiseksi kuin  $150 \text{ mg/N m}^3$ . Varjopuolena on laitteiden suuri koko sekä kallis hankintahinta, joka on lähes puolet asfalttiaseman hankintahinnasta.

Ruotsissa on Statens Naturvårdsverk laatinut ohjeet asfalttiasemien sallittujen pölymäärien suuruuksista sijainniltaan eri tyyppisille asemille.

Luokkaan A kuuluvat asemat, jotka sijaitsevat 500 m kauempana tiheästä asutuksesta sekä luokkaan B tilapäiset asemat, jotka sijaitsevat 1 km:n päässä asutuksesta.

Ehdotus määräyksiksi on seuraava:

- Luokka A. Uudet laitokset  
Pölyraja  $250 \text{ mg/N m}^3$
- Luokka A. Vanhat laitokset  
Pölyraja  $500 \text{ mg/N m}^3$
- Luokka B.  
Pölyraja  $5 \text{ g/N m}^3$

Vanhojen laitosten muuttamiseen määräyksiä vastaavaksi annetaan aikaa 5 vuotta.

### 1.113 Seula- ja vaakalaitteet

Kuumen kiviaineksen lajittelu välittömästi ennen sekoittajaan pudottamista on tarpeen vain, jos esisuhteituksessa ennen kiviaineksen kuivatusta saatu materiaali ei vastaa asetettuja laatuvaatimuksia. Asfalttipäällysteiden normaalimääräykset määräävät kuitenkin, että asfalttibetonimassat on aina lajiteltava ennen sekoittamista vähintään kolmeen lajitteeseen, joista hienoin läpäisee 4 mm:n seulan. Eräissä asemissa on öljysoran ja kantavien kerrosten asfalttimassojen valmistusta varten varattu mahdollisuus seulojen ohittamiseen.

Seulat ovat yleensä vapaastivärähteleviä kaksi- tai kolmitasoseuloja. Seulojen tarvittava pinta-ala on pääasiassa riippuvainen alle 4 mm:n kiviaineksen määrästä. Seulojen silmäväli valitaan kulloinkin valmistettavien massojen mukaan.

Siilojen lukumäärä ja koko vaihtelee suuresti eri asfalttiasematyypeissä. Siirrettävissä asemissa, jotka valmistavat pääasiassa yhtä tai kahta massatyyppiä on siilojen lukumäärä vain 3 - 4 kpl.

Vaakasiiloissa punnitaan eri kiviaineslajitteet siten, että valmis kiviainesseos vastaa ko. massan laatuvaatimuksia. Vaakat toimivat joko mekaanisesti tai sähköisesti. Automaattiasemissa tapahtuu punnitus erilaisia rajakatkaisijoita käyttäen.

Kalkkifillerin punnitus ja syöttö sekoittajaan tapahtuu erillisen fillerivaa'an kautta. Käytettävä kalkkifillerin määrä on yleensä 4 - 5 % kiviaineksesta, ja syötetään se varastosiiilosta vaakasiiloon joko elevaattorilla tai filleripumpulla. Samojen laitteiden kautta voidaan syöttää myös pölynpoistolaitteesta saatu hieno kiviaines.

Käytettävien vaakalaitteiden punnitustarkkuus ei määräysten mukaan saa ylittää 2 %.



## 1.114 Sekoitin

Annosasemissa käytetyt sekoittimet ovat yleensä 2-akselisia pakkosekoittimia. Sekoitusaika yhtä annosta kohden ei yleensä saisi alittaa 35 - 45 sekunttia sekoittimilla, joiden kierrosluku on 30 - 40 kierr./min. Koesekoituksella tulisi valita kuitenkin massalle sopivin sekoitusaika tasalaatuisen massan saamiseksi. Näillä sekoittimilla voidaan sekoittaa massoja, joiden max. raekoko ei ylitä 40 mm.

Wibau-tehtaiden "Impact"-sekoitin poikkeaa edellisistä siten, että sekoittimen kierrosluku on 80 kierr./min ja tapahtuu sideaineen ruiskutus  $20 \text{ kp/cm}^2$  paineella. Tällä tavalla pyritään saamaan tasalaatuisempi massa.

Sideaineen ruiskutus sekoittimeen tapahtuu yleensä  $5 - 10 \text{ kp/cm}^2$  paineella. Sideaine jähmettyy helposti putkistoon, josta johtuen sideaineen kiertopumppu on yleensä jatkuvasti käynnissä. Kiertävä kuuma sideaine pitää myös syöttöpumpun ruiskutusvalmiina. Kiintoasemissa käytetään usein kiertoöljylämmitystä sideainesäiliöiden ja sideaineputkiston lämmittämiseen. Kiertoöljyn lämmitys tapahtuu erillisessä lämmityselementissä. Suomessa käytettävistä säiliöistä useimmat ovat tulitorvisäiliöitä, joissa lämmitys tapahtuu öljy- tai nestekaasupolttimella. Säiliöiden koko on  $20 - 50 \text{ m}^3$ .

## 1.115 Ohjaamovaunut

Automatiikan käyttöönotto asfalttiasemissa on johtanut siihen, että koko aseman käynnistys ja hallintalaitteet on keskitetty erilliseen ohjaamovaunuun. Ohjaamovaunuun on myös sijoitettu sähkötaulut suojareleineen. Ohjaamovaunusta käsin hallitaan täydellisesti koko aseman toiminta.

Varsinkin Suomen olosuhteita ajatellen on erillisellä ohjaamovaunulla suuri merkitys, koska aseman herkimvät osat voidaan näin suojata talven aikana.

## 1.116 Varastosiilot

Valmiin massan varastosiiloilla on pyritty lisäämään aseman tuotantotehoa, vähentämään autojen kuormausaikaa ja siten vähentämään autoja, sekä mahdollistamaan useiden massatyyppien samanaikainen jakelu. Massasiilot ovat yleensä hyvin lämpöeristetyt ja varustettu sähkölämmityksellä ainakin purkausaukon kohdalla.

## 1.2 LEVITYSKALUSTO

Suomessa yleisimmin käytetyt asfaltinlevittimet ovat olleet joko Barber-Greene tai Blaw-Knox merkiksiä. Näissä voidaan erottaa kaksi päätyyppiä: telalevittimet ja kumipyörälevittimet. Kumipyörälevittimien käyttö on edullista silloin kun työmaalla on paljon levittimen siirtoja. Telalevittimillä voidaan levittää heikoimmille pohjille kuin kumipyörälevittimillä.

Toimintaperiaatteen mukaan voidaan levittimet jakaa tärypalkki- ja tampparilevittimiin. Myös on nyt markkinoilla levittimiä, joissa on sekä tamppari että tärypalkki.

Tärypalkkilevittimillä saavutetaan hyvä massojen alkutiivistyminen. Tampparin oikea säätö on ratkaiseva moitteettoman pinnan aikaansaamiseksi.

Suomessa käytetyt levitysleveydet ovat yleensä olleet alle 4,5 m. Keski-Euroopassa näkee levittimiä, joiden levitysleveys on jopa 9,0 m.

## 1.3 JYRÄYSKALUSTO

Aikaisemmin käytetty jyräyskalusto oli pääasiassa 3-valssijyriä, joiden paino vaihteli välillä 2,5 - 10 tonnia. Tämän jälkeen tulivat tandemjyrät. Tällä hetkellä hyvin yleinen jyräkalusto on seuraava: esi- ja tiivistysjyräyksessä kumipyöräjyriä, jälkijyräyksessä 3-valssi- tai tandemjyriä. Myöskin täryjyriä on alettu käyttää päällysteiden tiivistystyössä varsinkin Ruotsissa. Valssijyrien tehokkuutta arvosteltaessa ratkaiseva on viivapaine sekä liikkumisnopeus. Kumipyöräjyrien tiivistysvaikutus on riip-



puvainen sekä rengaspaineesta, rengaskoosta että pyörälle tulevasta kuormasta. Kumipyöräjäyriä käyttämällä voidaan tiivistää nopeasti levitetty asfalttikerros. Myöskin saavutetaan kumipyöräjäyrillä parempi pintatiiveys kuin valssijyrillä.

## 2. TYÖMENETELMÄT

Työmenetelmän valinta on riippuvainen käytettävissä olevasta asfalttikalustosta ja työkohteesta. Levitystyössä pyritään käsityö saamaan niin vähäiseksi kuin mahdollista.

Levityskaluston tehoa arvioitaessa voidaan laskea, että yhden levityskoneen keskimääräinen teho tonnia/h on sama kuin levitettävä massamäärä on  $\text{kg/m}^2$ . Esim.  $100 \text{ kg/m}^2$  päällystettä voidaan keskimäärin levittää  $100 \text{ t/h}$  teholla. Keskimääräinen teho on yleensä n. 70 % aseman max. tehosta. Levitystyö on pyrittävä järjestämään niin, että levittäjä olisi mikäli mahdollista jatkuvasti liikkeessä. Massan lajittumisen estämiseksi ei levitintä saa käyttää tyhjäksi kuormien välillä.

Levitettäessä uutta kulutuskerrosta emulsioidulle pinnalle, tulee huolehtia, että levitin lähtee joustavasti liikkeelle ja ettei tamppari tai tärypalkki ole päällä pyörien tai telojen luistessa.

Linja-autopysäkkien ja risteyksien teossa pyritään mahdollisimman paljon konetyöhön. Lankutuksia ei enää ole tarpeen käyttää.

Oikean jyräyskaluston valinta on riippuvainen

- massakoneen tehosta
- levityskerroksen paksuudesta
- sää- ja pohjaolosuhteista

Apuna voidaan käyttää oheista taulukkoa (kuva 3).

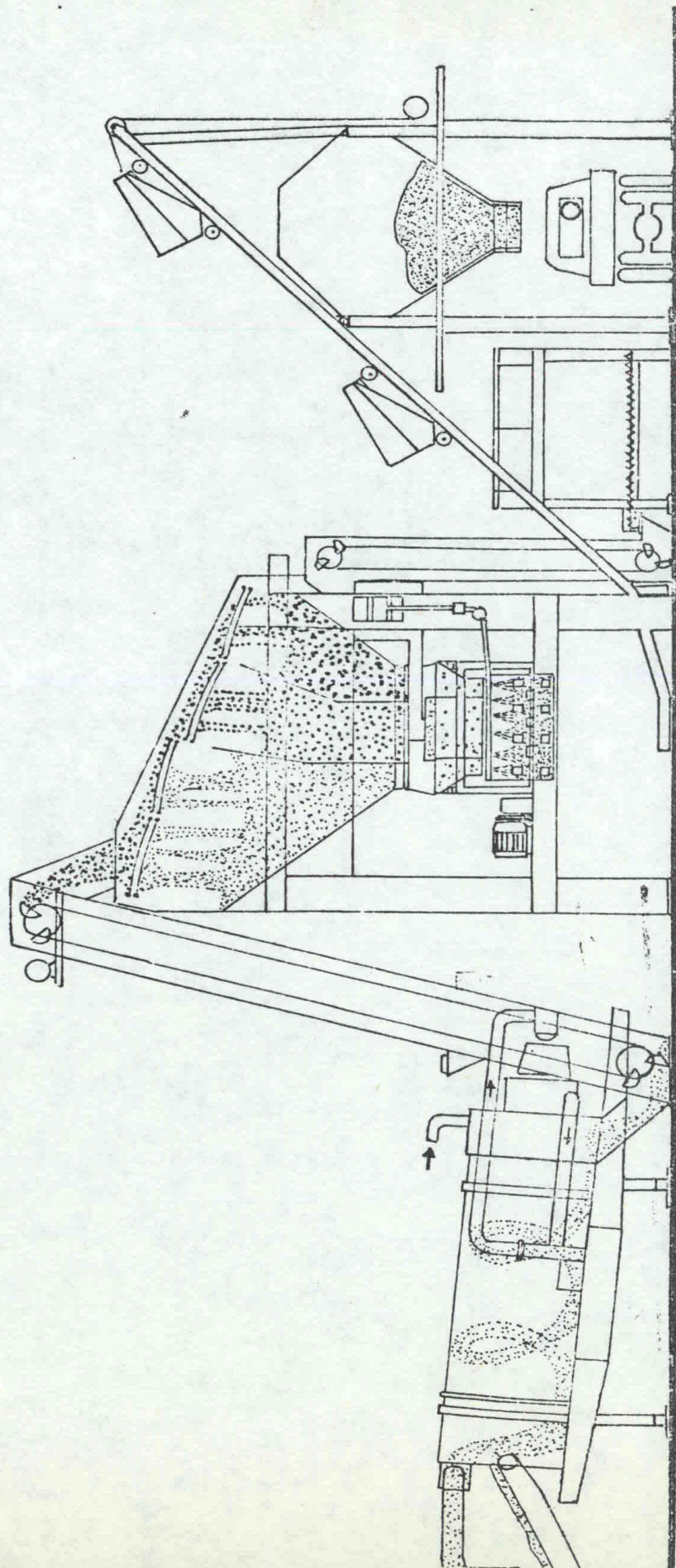
Syksyllä suoritettavissa pintaustöissä on erikoista huomiota kiinnitettävä jyräyksen tehokkuuteen.

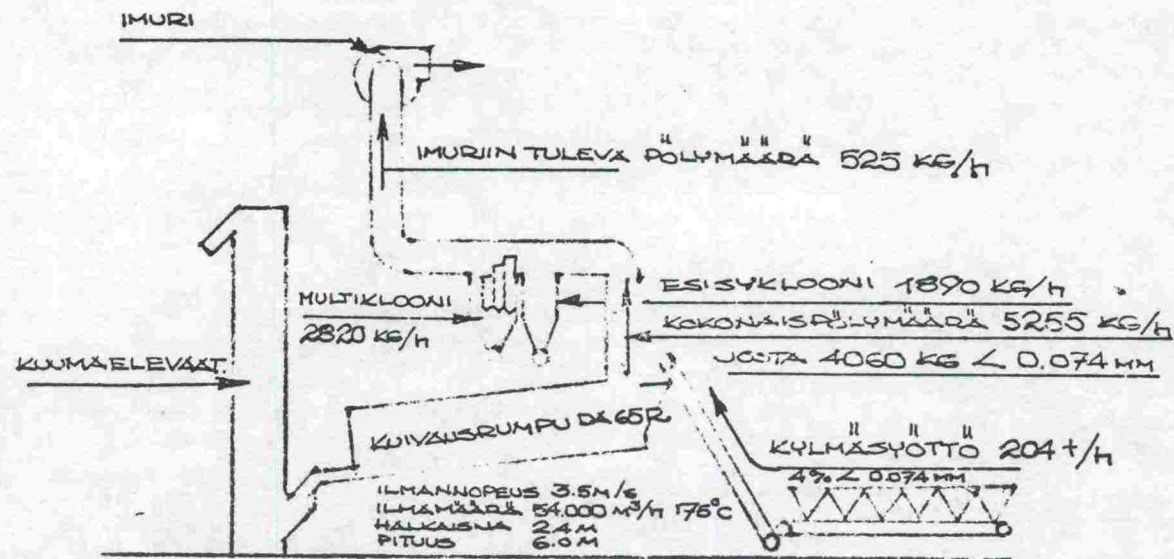
Kumipyöräjäyriä käytettäessä tulee renkaiden pintalämmön olla yli 60 %, jotta massa ei tarttuisi renkaisiin. Vettä ei yleensä tarvitse käyttää kumipyöräjäyrissä esijyräysvaiheessa.

Paksujen päällystekerrosten lämpö määrä on niin suuri, että niitä voidaan levittää myöhään syksyllä. Päällystystöitä on näillä massoilla suoritettu jopa  $-10^{\circ}\text{C}$  pakkasella.

Kantavia kerroksia on yhä enenevässä määrin rakennettu asfalttimassoista, jolloin päällystyskautta on voitu pidentää. Yleensä tulisi ajoittaa pintaustyöt kevääseen ja BS-massatyöt syksyyn.

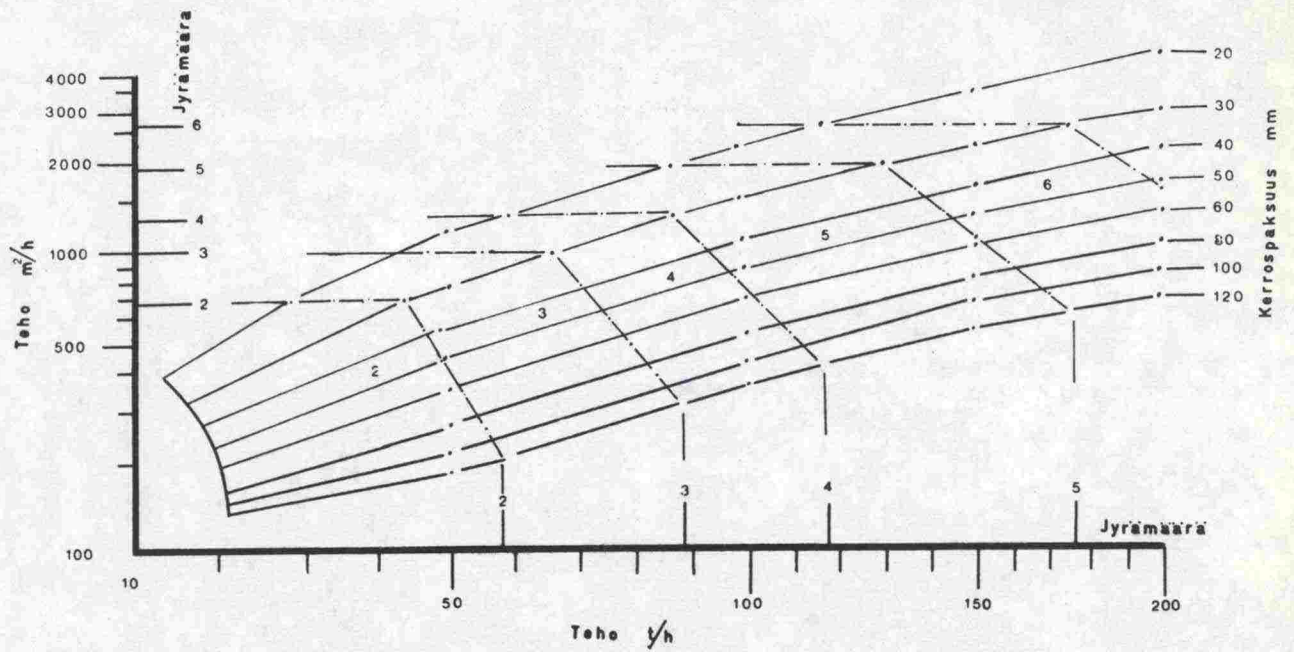






KUVA 2 ASFALTTIASEMAN PÖLYMÄÄRÄT  
ERI SYKLOONEISSA





Kuva 3. Kerospaksuuden ja massan valmistustehon vaikutus jyrtarpeeseen.

TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

TSTO.INS. VELI MARKKULA

IV URAKKA - ASIAKIRJAT



## IV TVH:N PÄÄLLYSTYSTÖITÄ KOSKEVAT ASIAKIRJAT

Päällystystöiden tekemisestä on annettu monia erilaatuisia säännöksiä, määräyksiä, ohjeita ja suosituksia. Ne saattavat vaikuttaa ensinäkemältä hajanaisilta ja keskenään ristiriitaisilta. Yhdessä ne muodostavat päällystystöiden urakka-asiakirjat. Ne voidaan luonteensa ja sisältönsä perusteella jakaa yleisiin säännöksiin ja määräyksiin, erityisiin päällystystöitä koskeviin sopimusasiakirjoihin, valvontaohjeisiin sekä turvallisuus- ja varovuusmääräyksiin.

## 1. YLEISET SÄÄNNÖKSET JA MÄÄRÄYKSET

Urakointia koskevassa asetuksessa (As. n:o 385/1961) ja sen soveltamista koskevassa päätöksessä (n:o 386/1961) on yleiset säännökset tarjouspyyntöasiakirjoista, tarjousten hankkimisesta, käsittelystä, urakkasopimuksen tekemisestä ja urakan valvomisesta. Erikoisen tärkeät ovat mainituissa säännöksissä olevat tarjousten käsittelyä ja urakkasopimuksen tekemistä koskevat määräykset, sillä ne eivät kertauudu enää muissa säännöksissä. Myös eräissä valtiovarainministeriön antamissa valtion tulo- ja menoarvion soveltamista koskevissa yleismääräyksissä sekä kulkulaitosministeriön, nykyään liikenne- ja työvoimaministeriöiden antamissa työohjelmia ja muita asioita koskevissa määräyskirjeissä on annettu eräitä sellaisia ohjeita, jotka on otettava huomioon päällystystöiden urakoinnissa.

Päällystystöitä koskevat urakkasopimukset on tehtävä kulkulaitosministeriön vahvistamalle urakkasopimuslomakkeelle, joka on 8-sivuinen. Siihen on merkitty kaikkiaan kuusi pykälää, joiden sisältö on varsin tarkoin yksilöity lomakkeeseen painetuin tekstein. Tämän sopimuskavakkeen 1 §:n kohdassa 2. on lueteltu sopimukseen liitteinä kuuluvat asiakirjat. Ne on merkitty kavakkeeseen pätevyysjärjestyksessä. Ensimmäisenä kohtana on tässä luettelossa valtion maa- ja vesirakennustöitä koskeviin urakkasopimuksiin liittyvät yleiset sopimusehdot. Seuraavana ovat tarjouspyyntö ja ennen tarjouksen antamista annetut kirjalliset lisäselvitykset



ja viimeisenä tarjouskirje sekä muutostöiden yksikköhin-  
taluetelo.

Nykyään voimassa olevat yleiset sopimusehdot on vahvis-  
tettu kulkulaitosministeriössä 25. päivänä tammikuuta 1967.  
Niissä on annettu yksityiskohtaisesti ne yleiset pelinsään-  
nöt, joita on noudatettava rakennuttajan ja urakoitsijan  
välisissä suhteissa. Sellaisia määräyksiä, joiden sovelta-  
minen on varsin yleistä päällystysurakoissa, sisältyy muun  
muassa 10-13 §:iin, 16, 29, 45, 48-51 §:iin sekä 65 §:ään.  
Mainitut 10-13 §§ koskevat urakoitsijan vastuuta suhteessa  
rakennuttajaan ja kolmanteen henkilöön. 11 §:ssä mainitaan,  
ettei rakennuttajan taholta tapahtuva valvonta rajoita ei-  
kä vähennä urakoitsijan sopimuksen mukaista vastuuta. 12  
§:ssä on määrätty, että urakan toteuttamisessa kolmannelle  
henkilölle sekä tämän omaisuudelle mahdollisesti aiheutu-  
vasta vahingosta ja haitasta vastaa urakoitsija, mikäli  
se ei ole ollut tehtävän toteuttamisen väistämätöntä seu-  
rausta, jota urakoitsija ei ole voinut kaikkea mahdollista  
huolellisuutta noudattamallakaan välttää. 13 ja 45 §§:ssä  
on annettu edellytykset ja perusteet rakennuttajan toimes-  
ta tapahtuvaan arvovähennyksen perimiseen. 16 §:n 3. koh-  
dassa mainitaan, että urakoitsijalla tulee rakennussuori-  
tusta varten olla riittävä ja ammattitaitoinen työnjohto  
ja muu työvoima. 29 §:ssä on annettu perusteet omakustan-  
nushintaan tehtävistä töistä maksettavan korvauksen laske-  
miseen. 48-50 §§:ssä on annettu erittäin tarkat ohjeet eri-  
laisten katselmusten, erikoisesti loppukatselmuksen pitä-  
misestä. Merkille pantavaa on 50 §:n 5. kohdan mukainen  
määräys, jonka mukaisesti urakoitsijan on ilmoitettava u-  
rakkasopimukseen ja sen tarkoitettavaan työhön sekä siihen  
liittyviin muutos ja lisätöihin perustuvat lopulliset vaa-  
timuksensa loppukatselmuksessa, tai mikäli se ei ole sil-  
loin ollut mahdollista, puhevaltansa menettämisen uhalla  
10 päivän kuluessa saatuaan jäljempänä 6. momentissa mai-  
nitulla tavalla tiedon loppukatselmuksen pöytäkirjasta. 65 §:  
ssä on annettu perusteet sisällöltään ristiriitaisten asia-  
kirjojen keskinäisestä pätevyysjärjestyksestä.

## 2. VARSINAISET SOPIMUSASIAKIRJAT

Edellä mainituista asiakirjoista liitetään urakkasopimus-  
kansioon täytetty urakkasopimuskaavake ja sen ensimmäiseksi



liitteeksi yleiset sopimusehdot. Muut päällystystöiden osalta sopimuksen liitteiksi kansioon pantavat asiakirjat ovat tarjouspyyntö ja lisäselvitykset, urakkaohjelma, työselvitykset, kartat ja sopimuspiirustukset sekä tarjouskirje ja massa- ja yksikköhintaluettelot.

Tarjouspyyntökirje on muotoiltava sisällöltään selväksi, yksityiskohtaiseksi mutta kuitenkin lyhyeksi. Tarjouspyyntökirjeessä ja sen liitteissä on oltava kaikki tarvittavat selvitykset tarjouslaskentaa varten. Kaikki laajemmat selvitykset on merkittävä pyyntökirjeen liitteiksi, jotka on numeroitava. Mikäli tarjouspyyntökirjeestä muodostuu pitkä, on tarpeen, että sen yksittäiset kappaleet numeroidaan.

Päällystystöissä käytetään muina urakka-asiakirjoina yleensä painotuotteita, joiden ulkoasu säilyy vuodesta toiseen likipitään samana. Lähes vuosittain niihin tehdään muutoksia. Mikäli on kysymys sellaisesta muutoksesta, jolla olisi vaikutusta tarjoushintaan, väärinkäsitysten välttämiseksi olisi asianmukaista kiinnittää tarjoajien erityistä huomiota tällaisiin muutoksiin. Niiden havaitseminen ja huomioonottaminen saattaa muutoin olla vaikeaa.

Päällystystöissä urakkaohjelma jakaantuu työkohtaiseen, yleensä monistettuun osaan sekä yleiseen osaan, joka on painotuote. Työkohtaisessa osassa on kohdat 1-6, joihin on merkitty työkohteet, töiden laajuus, laatu ja suoritusai-ka, rakennuttajan taholta urakan toteuttamiseksi tehtävät työsuoritukset ja materiaaliluovutukset, rakennuttajan edustajat urakassa sekä erityiset työkohtaiset asiat.

Urakkaohjelman yleisessä osassa on annettu ne erityiset päällystystöissä noudatettavat rakennuttajan ja urakoitsijan väliset pelinsäännöt, joissa on otettu päällystystöiden erikoisluonne huomioon. Siinä on myös annettu lähemmät, yleiset tarjousten laskentaperusteet, maksu- ja mittausperusteet sekä ohjeet tarjouksen antamisesta. Mainituilla tarjouksen laskentaperusteilla tarkoitetaan mm. niitä ohjeellisia sideaine- ja kalkkifillerimääriä, joihin tarjous on perustettava, töissä käytettävien sideaineiden hintoja, vakuus- ja takuuaikakysymyksiä sekä vastaavia.

Jokaisesta käytetystä päällystetyypistä on valmisteltu oma



työselityksensä. Työselitykset ovat keskenään samanmuotoisia. Niissä on otettu huomioon kultakin päällysteeltä ja sen valmistuksessa vaadittavat erikoisominaisuudet ja menettelyt. Päällystystöistä ei ole pyritty laatimaan yhtä ainoaa työselitystä, joka kattaisi kaikki päällystetyypit. Tämä johtuu siitä, että useimmissa urakoissa tarvitaan ainoastaan kahta päällystetyyppiä koskevaa työselitystä eikä kaikkia kahdeksaa. Mikäli työselitys koskisi kaikkia tyypejä, silloin johtaisi yhden päällystetyypin muutostarve koko painotuotteen uusimiseen.

Sopimuspiirustuksina tulevat päällystystöissä yleensä kysymykseen vain kartat, joihin on merkitty päällystettävät kohteet, koneasemapaidat, tieverkko tarpeellisilta osilta, yleisen liikenteen järjestely sekä pölyn, melun ja vastaavan kannalta haitalliset, työkohteen läheisyydessä olevat kohteet. Nykyisellään päällystysurakoihin on sisällytetty varsin vähän muita töitä. Tämän vuoksi eivät erityiset sopimuspiirustukset ole yleensä olleet tarpeen.

Tarjouskirje liitetään urakkasopimuksen liitteeksi yleensä ilman sen muita liitteitä lukuunottamatta kuitenkin urakkasopimukseen kuuluvaa massa- ja yksikköhintaluetteloa, joka puolestaan merkitään omaksi liitteekseen sopimukseen. Tarjouskirjeen sisältö on varsin tärkeä urakkatarjousten käsittelyssä. Sen tulisi olla tarjouspyynnön mukainen. Tämä tarkoittaa sitä, että tarjouskirjeessä ja sen liitteissä tulisi olla kaikki rakennuttajan vaatimat selvitykset, sitoumukset ja vastaavat. Erikoisen tärkeää on kiinnittää huomiota siihen, ilmeneekö tarjouskirjeestä tai sen liitteistä, että urakoitsija on saanut ja huomioonottanut tarjousaikana rakennuttajan mahdollisesti lähettämät lisäselvitykset.

Viimeiseksi urakkasopimuksen liitteeksi merkitään urakoitsijan tarjouksen mukainen massa- ja yksikköhintaluettelo. Tarjouksia käsiteltäessä on tärkeää tarkistaa, että kaikki erilliset massa- ja yksikköhintaluettelon sivut on allekirjoittanut sellainen tarjoajan palveluksessa oleva henkilö, jolla on oikeus urakoitsijan nimen kirjoittamiseen.

### 3. VALVONTAOHJEET

Tarjouspyynnön mukana lähetetään tarjoajille edellä maini-



tuista urakkasopimuskansioon liitettävistä asiakirjoista yleiset sopimusehdot, urakkaohjelma, työselitykset, kartat ja sopimuspiirustukset sekä massa- ja yksikköhintaluettelot. Näiden lisäksi tarjouspyynnön mukana on yleensä seuraavat valvontaohjevihkoset, jotka on myös katsottava urakka-asiakirjoiksi:

Ohjeet päällystystöiden valvonnasta, TVH 2.815

Päällystystöiden laadunvalvonta, TVH 2.813

Murskaustyön laadunvalvonta, TVH 2.814

Tiepäällysteiden korjausohjeet, TVH 2.851

Laadunvalvontaohjeet, jotka koskevat alusrakennetta ja päällysrakenteen sitomattomia kerroksia, TVH 2.816

Viimeksi mainitut kolme ohjetta lähetetään yleensä vain siinä tapauksessa, että tarjouspyynnön mukaisiin töihin sisältyy näiden ohjeiden mukaisia töitä tai hankintoja.

Yllä mainituilla ohjevihkosilla on täydennetty urakkaohjelmassa ja työselityksissä sanottuja määräyksiä. Niissä on annettu yksityiskohtaiset ohjeet valvontatoimenpiteistä. Mainittujen ohjevihkosten lisäksi on painatettu erilaisia työnvalvonnassa ja laadunvalvonnassa tarvittavia lomakkeita, joihin valvontatulokset, määramittaukset, urakoitsijalle tulevaa korvausta koskevat laskelmat, erimielisyydet, säähavainnot ja vastaavat on merkittävä. Lisäksi päällystystöitä varten on painatettu erityinen työmaapäiväkirja (TVH 3.055), jossa on sarakkeet päivittäin tehtäviä muistiinpanoja varten. Päiväkirja sisältää myös ohjeet merkin-  
töjen tekemisestä.

Laadunvalvontatuloksista laskettavat selvitykset tehdään koneellisesti tie- ja vesirakennushallituksen toimesta. Tämän johdosta lähtötietoja varten on laadittu erityiset yhteenvetolomakkeet, joilta tiedot lävistetään reikäkortteille ja -nauhoille. Lisäksi on luonnollisesti olemassa tietokoneohjelmat ja valmiit kanavat, joita käyttäen laskennat saadaan nopeasti suoritetuiksi ja asianomaisten tietoon. Viimeksi sanottua voitaisiin tie- ja vesirakennushallituksessa teetettävien laskelmien osalta nopeuttaa noudattamalla samaa menettelyä kuin Valtion teknisen tutkimuslaitoksen tielaboratorio, joka toimittaa telexiä käyttäen laskentatulokset välittömästi piirikonttorien tietoon.

Edellä lueteltujen asiakirjojen lisäksi päällystysurakois-



sa sovelletaan tarvittaessa asfalttipäällystenormeja, kuorma-autoilijain ansiotason tutkimustoimikunnan voimassaolevaa mietintöä sekä valtioneuvoston päätöstä, jolla on annettu valtion työmaiden huolto-ohjesääntö.

#### 4. TURVALLISUUS- JA VAROVUUSOHJEET

Näillä ohjeilla tarkoitetaan liikenteen järjestelystä annettua ohjeivinkosta (TVH 2.821) sekä päällystystöiden turvallisuus- ja varovuusohjeita (TVH 2.798). Ensimmäisissä on annettu menettelytapaohjeet yleisen liikenteen järjestelytoimenpiteistä tietyömailla sekä kaaviokuvia erilaisista tapauksista. Näiden ohjeiden tavoitteena on varmistaa, ettei työmailla vaarannettaisi yleistä liikennettä ja että sille aiheutettaisiin mahdollisimman vähän vahinkoa ja haittaa.

Yllä mainitut päällystystöiden turvallisuus- ja varovuusohjeet tulivat ensimmäistä kertaa käyttöön päällystyskaudella 1970. Niiden tavoitteena on parantaa työturvallisuutta päällystystyömailla ja ehkäistä ympäristön saastumista sekä ylipäänsä vähentää niitä vahinkoja ja haittoja, jotka aiheutuvat koneasemapaidoista lähiympäristölle. Nämä ohjeet ovat parhaillaan korjattavina ja täydennettävänä, mutta uutta laitosta ei saada todennäköisesti vielä kuluvana päällystyskautena käyttöön.

#### 5. MUITA ASIAKIRJOIHIN LIITTYVIÄ SEIKKOJA

Kuten mainittua päällystysurakoihin liittyy varsin monta erillistä asiakirjajaksikköä. Voitaisiin ajatella, että yhdistämällä ne yhdeksi kirjaseksi saavutettaisiin tiettyjä etuja. Tärkeimmät syyt siihen, että asiakirjat ovat erillisiä, ovat että niitä on valmistellut useat eri elimet: kulkulaitosministeriö, tvh:n tierakennusosasto, tiesuunnitteluosasto sekä maatumkimustomisto. Kukin näistä vastaa valmistelemlensa asiakirjojen ajantasalla pysyttämistä. Eräs syy niiden erillisyyteen on myös, että asiakirjat ovat syntyneet vuosittain tehdyn toiminnan tuloksena vuoden 1965 jälkeen. Mikäli asiakirjat yhdistettäisiin, niistä kertyisi noin 350-sivuinen kirja, josta uuden painoksen ottaminen korjaus- ja parannustoimenpiteiden johdosta olisi varsin hidasta ja kallista.



Tieviraston päällystysurakointi on huomattavalta osalta keskitetty siten, että tarjouspyynnöt ja urakkasopimukset tehdään keskusviraston toimesta, mutta valvontatoimenpiteet, ts. varsinainen kenttätyö piirikonttorien toimesta. Tulosten kokoaminen, käsittely ja arkistointi tapahtuu keskusviraston toimesta. Tällä on saavutettu alan tutkimustoimintaa varten se etu, että tulokset ovat keskitetysti tutkijain käytössä. Vuosittain laatu- ja muista tutkimustuloksista laaditaan yhteenvedot ja osaksi niiden perusteella päätetään seuraavan vuoden asiakirjoihin tarvittavista muutoksista, korjauksista ja täydennyksistä. Keskitetyllä tarjouspyyntöjen tekemisellä on myös saavutettu se etu, ettei kenellekään yksittäiselle urakoitsijalle ole pyritty työntämään enempää päällystystöitä kuin mihin yrityksellä on teknilliset edellytykset. Mikäli asian hoitaisivat laitoksen 13 piirikonttoria, urakkajaon johdosta muodostuisi todennäköisesti riitoja ja erimielisyyksiä. Asian hoidon osittaisesta keskittämisestä on myöskin ollut tuloksena, että päällystystyöt on voitu mahdollisimman tarkoin arvostella samojen mittapuiden mukaisesti.

## 6. VALVONTATEHTÄVÄT

Rakennuttajan tehtäviin päällystysurakan yhteydessä kuuluvat urakka-asiakirjojen valmistelu, tarjouspyynnön tekeminen, tarjousten käsittely, urakkasopimuksen tekeminen, valvontatoimenpiteet sekä töiden vastaanotto ja niihin liittyvä hallinnollinen toiminta. Laajimman työosan näistä toimenpiteistä muodostavat valvontatehtävät. Tämän vuoksi on tarpeen keskitetysti luetella ne erityiset yleisten asiakirjain kohdat, jotka liittyvät valvontatoimenpiteisiin.

Urakointia koskevan asetuksen 16. §:ssä määrätään, että rakennuttajan tulee valvoa, että urakoitsijan suoritus muodostuu sopimuksen mukaiseksi. Asetuksen soveltamispäätöksessä koskevat 35-37 §§ valvontaa. Yleisissä sopimusehdoissa käsittelevät 11 § sekä 40-51 §§ valvonta-asioita. Mainituissa 40 ja 41 §§:ssä käsitellään urakoitsijan työnjohdon vastuukysymyksiä sekä 42 §:ssä rakennuttajan valvontaorganisaatiota, valvontatehtäviä ja valtuuksia. 43 §:ssä on annettu rakennusaineiden, tarvikkeiden ja rakennusosien tarkastusta koskevia ohjeita. 44-51 §§ koskevat työmaapäiväkirjan pitoa, mittauksia, katselmuksia sekä toimenpitei-



tä sellaisessa tilanteessa, että rakennuskohde tai sen osa todetaan työn aikana sopimattomaksi ja urakkasopimuksen vaatimuksia vastaamattomaksi.

Valvonnan perimmäisenä tarkoituksena on huolehtia tuotteen sopimuksenmukaisen laatutason ylläpitämisestä, hoitaa urakan toteuttamisessa rakennuttajalle aiheutuvat tehtävät ja valvoa, ettei työn suorituksesta aiheudu kolmannelle henkilölle vahinkoa ja haittaa. Valvonta vaikuttaa tuotteen hintaan. Rakennuttajan asiana on määrätä, millaisia työmenetelmiä käytetään ja millaisiksi laatuvaatimukset asetetaan, sillä viime kädessä rakennuttaja vastaa valvonnan tiukkuuden vaikutuksesta urakkahintaan. Jotta urakoitsija voi tarjousta antaessaan ottaa huomioon laatuvaatimukset ja valvonnan tiukkuuden, tulee tarjouspyyntöön sisältyä kaikki sellaiset asiakirjat, joiden mukaisesti valvonta-tehtävät hoidetaan.



T I E N P Ä Ä L L Y S T Y S T E K N I I K K A

APULAISINSINÖÖRI RAIMO IHATSU

V P Ä Ä L L Y S T Y S T Ö I D E N L A A D U N -  
V A L V O N T A

## PÄÄLLYSTYSTÖIDEN LAADUNVALVONTA

### 1. YLEISTÄ

Huomattavan ankarat ilmastolliset olosuhteet asettavat maarakennustöiden suorittamiselle tiukat vaatimukset maassamme. Vain erittäin huolellisella töiden suorittamisella ja sen yhteydessä tehtävällä mahdollisimman tarkoin kokemuksen ja olemassaolevan tiedon huomioon ottavalla laadunvalvonnalla päästään hyvään lopputulokseen.

Tie- ja vesirakennuslaitoksen kehitystoiminnan yhteydessä on viime aikoina ryhdytty entistä enemmän kiinnittämään huomiota rakenteiden laatuun ja laadunvalvontaan. Suuremmissa piireissä on piirikonttorin yhteyteen perustettu erilaisia laadunvalvontaelimiä ohjaamaan ja kehittämään työmailla tapahtuvaa laadunvalvontatoimintaa.

Päällystystyöt ja päällystykseen käytettävän kiviaineksen valmistus ovat kuitenkin jo aikaisemmin olleet tehokkaan laadunvalvonnan alaisena. Nämä työt ovat monista puhtaista maarakennustöistä poiketen jatkuvaa tarkkailua ja mittauksia vaativia prosessiteollisuutta muistuttavia töitä. Päällystystöissä käsitellään lisäksi huomattavia massa- ja rahamääriä lyhyenä aikana, pääasiassa neljänä kesäkuukautena.

Tältä pohjalta onkin ymmärrettävää, että päällystystöiden laadunvalvonta on tapahtunut keskushallinnon, lähinnä tvh:n maatutkimustoimiston valvonnan ja ohjauksen alaisena.

Päällystystöiden laadunvalvonnasta on olemassa varsin yksityiskohtaiset laadunvalvontaohjeet (TVH 2.813), jotka vuosien kokemuksen tuloksena ovat kehittyneet nykyiseen muotoonsa.



## 2. LAADUNVALVONNAN SUORITTAJAT

Laadunvalvonnassa yleensä on lähdettävä siitä, että työn suorittaja myös hoitaa laadunvalvonnan ja vastaa siitä. Näin on myös urakkatöissä, jollaisia päällystystyöt meillä useimmiten ovat.

Lähes kaikki valmistusprosessista ja valmiista päällystestestä otettavat näytteet ottaa ja tutkii urakoitsija. Rakennuttaja tutkii rinnakkaisnäytteitä pistokokein.

Urakoitsijalle on asetettu myös tiettyjä laatuvaatimuksia valmiin päällysteen ulkonäön ja tasaisuuden suhteen. Vaadittuun laatutasoon pääseminen edellyttää urakoitsijalta oma-aloitteisesti suoritettavaa laadunvalvontaa.

Tämä urakoitsijan osuus laadunvalvonnassa tahtoo joskus unohtua. Saatetaan vain odottaa valvojan huomautusta ennenkuin toimenpiteisiin ryhdytään. Tietoisestikin urakoitsija saattaa pyrkiä säästämään työnjohtokustannuksiaan säilyttämällä esimerkiksi levityspään laadunvalvonnan lähes kokonaan rakennuttajan suoritettavaksi.

Tällainen menettely aiheuttaa turhia ristiriitatilanteita työmaalla, koska tällöin hyvään tulokseen pääseminen edellyttäisi valvojalta puuttumista urakoitsijan työnjohtoon, johon hänellä ei ole mahdollisuuksia.

Rakennuttajan suorittaman laadunvalvonnan voitaisiin katsoa pääasiassa olevan "laadunvalvonnan valvontaa" pistokokeiden ja tarkastusten avulla.

Kaaviossa 1 on selvitetty urakan suorittamiseen ja sen valvontaan liittyviä toimintoja ja niiden sisältöä.

## 3. LAADUNVALVONNAN ORGANISAATIO

Urakalla suoritettavien päällystystöiden, joita jäljempänä

pelkästään käsittelen, valvonnan järjestelyssä on joskus vaikeuksia, koska samaan urakkaan saattaa kuulua eri työmaiden jopa eri toimialojen päällystettäviä osuuksia. On selvää, että työmaan johdolta ei voida kiistää määräysvaltaa omalla työmaallaan ja toisaalta koko urakan valvonta pitäisi voida hoitaa keskitetysti.

Tällöin on syytä erottaa toisistaan varsinaista urakanvalvontaa (suoritemäärät, maksut, suoritusajat jne.) suorittava organisaatio ja laadunvalvontaa suorittava organisaatio. Viimeksi mainitulle voidaan lisäksi antaa tehtäväksi urakanvalvontaa koordinoiva tehtävä ts. yhteydenpito eri työmaiden välillä yhteistoimintaa vaativissa asioissa ja urakan valvonnassa ilmenevät keskitettyä hoitoa vaativat asiat (mm. raportit ylöspäin).

Kaaviossa 2 on esitetty organisaatiokaavio, joka selventänee tätä asiaa.

Isommissa piireissä päällysteinsinööri ja -mestari voivat olla päätoimisia, pienemmissä heillä voi olla muitakin tehtäviä. Nämä henkilöt voivat muodostaa pääosan piirin laadunvalvontaelimestä. Heidän tehtäviinsä lienee syytä sisällyttää myös kaikkien piirissä valmistettavien päällystystarkoituksiin käytettävien kiviainesten laadunvalvonta.

Urakan valvontaa varten valvontaelin (kaavio 2) olisi muodostettava siten, että jokaisessa työvuorossa on sekä koneasemalla että levityspäässä teknillisen koulutuksen saanut henkilö valvojana, mieluummin rakennusmestari mutta myös opiskelijat tulevat kysymykseen.

Yksi valvojista on nimitettävä vastaavaksi paikallisvalvojaksi, jonka puoleen urakoitsija voi kääntyä epäselvissä asioissa. Vastaavan valvojan tulisi urakassa koko ajan, aloittamisesta loppukatselmukseen saakka olla sama henkilö.

Vastaavan paikallisvalvojan tehtävänä on valvoa hänelle annettun henkilökunnan avulla, että urakoitsijan työsuoritus ja



siitä maksettava korvaus muodostuu urakka-asiakirjojen mukaisesti. Tämän tehtävän hoitaminen edellyttää ainakin, että vastaava paikallisvalvoja

- järjestää valvojien, laborantin ja apumiesten työvuorot tarkoituksenmukaisesti
- valvoo ja opastaa em. henkilöiden työtä
- antaa urakoitsijalle työnsuorituksiin liittyviä määräyksiä ja ohjeita suullisesti ja työmaapäiväkirjamerkinnoilla
- ottaa yhteyttä työmaapäällikköön tai/ja työpäällikköön urakanvalvontaan liittyvissä asioissa, joita ei ole voitu ratkaista työmaalla
- ottaa yhteyttä päällystemestariin tai -insinööriin suhteitusta, ohjearvoja, näytetuloksia tms. koskevissa asioissa, joita ei ole voitu ratkaista työmaalla
- valmistella asioita työmaakokouksia varten, osallistua kokouksiin ja panna omalta osaltaan täytäntöön kokousten päätökset
- tarkastaa laskut ja varmentaa ne vastaanottomerkinnällään
- pitää työmaapäiväkirjaa
- huolehtia siitä, että tarpeelliset raportit tehdään ja lähetetään ajoissa
- allekirjoittaa raportit rakennuttajan edustajana
- tarkkailee jatkuvasti näytetutkimusten tuloksia ja ryhtyä välittömästi niiden vaatimiin toimenpiteisiin
- huolehtia siitä, että pinta-ala- ja tasaisuusmittaukset suoritetaan asianmukaisesti
- osallistua tavanomaiseen valvontaan koneasemalla suorittamalla mittauksia ja tarkastuksia
- laatia yhdessä urakoitsijan edustajan kanssa yksityiskohtaisen työvirheluettelon työn suorituksen aikana
- huolehtia ja vastata siitä, että loppukatselmusta varten tarvittavat asiakirjat ovat annettujen ohjeiden mukaisesti laaditut ja virheettömät ja että ne ovat valmiina tarpeeksi ajoissa ennen loppukatselmusta

- osallistua loppukatselmukseen.

Kuten huomaamme, sisältyy vastaavan paikallisvalvojan vastualueeseen hyvin paljon erilaisia asioita. Hän on päällystysurakan valvonnassa avainhenkilö, joten hänen valintaansa on kiinnitettävä paljon huomiota. Vastaavan paikallisvalvojan on oltava päällystystöistä kokemusta omaava, vähintään rakennusmestarikoulutuksen saanut, organisaatiokykyinen henkilö.

Sopiva työmaalla toimivan valvontaelimen vahvuus on esimerkiksi seuraava:

<u>Koneasema</u>	paikallisvalvoja (vastaava)
	laborantti
	lämmönmittaja/ylösottaja
<u>Levityspää</u>	paikallisvalvoja
	lämmönmittaja/ylösottaja

Suotavaa olisi, että tämä ryhmä voisi koko urakan kestoajan toimia samassa kokoonpanossa myöskin siirryttäessä työmaalta toiselle.

#### 4. LAADUNVALVONTAKOhteet JA -TOIMENPITEET

Seuraavassa käyn läpi eräitä tärkeämpiä päällystystöiden laadunvalvonnassa huomioitavia seikkoja menemättä kovin tarkasti yksityiskohtiin, koska aihe on erittäin laaja ja vaatisi perusteellisemman käsittelyn.

##### 4.1 Laadunvalvonta koneasemalla

Eräs asfalttimassan tärkeimmistä laatuvaatimuksista on homogeenisuus, tasalaatuisuus. Tämä vaatimus edellyttää, että massan kiviaineksen rakeisuus ja sideainemäärä vaihtelevat ainoastaan ahtaissa rajoissa.

Toinen tärkeä vaatimus on sideaineen määräämä lämpötilavaatimus. Massaan käytettävien raaka-aineiden on lisäksi täytettävä niille asetetut laatuvaatimukset.



Koneasemalla tapahtuvassa laadunvalvonnassa voidaankin erottaa seuraavat kohteet:

- kiviaineksen rakeisuus
- sideainemäärä
- lämpötila
- raaka-aineiden laatu
  - kiviaines, täytejauhe
  - sideaine, tartuke

#### 4.11 Valmistelevat toimenpiteet

Ennen massan valmistuksen aloittamista on ohjearvot oltava selvillä. On varmistauduttava, että ne ovat juuri sitä kiviainesta varten annetut, josta massa aiotaan tehdä. Meillä ohjearvot antaa tvh:n maatutkimustoimisto kiviainesten ja mahdollisten koesekoitusien perusteella.

Kiviaineksen varastoimisesta on syytä tarkastaa, että eri lajitteet eivät ole sekoittuneet keskenään. Varaston purkamistapa on myös harkittava. Asiallisesti kerroksittain varastoitu varastokasa on syytä myös purkaa kerroksittain, ettei karkeiden rakeiden erottumista pääse tapahtumaan.

Joskus saattaa esim. SAb- tai BSk-murskesoran kasassa olla "söörejä", rakeisuudeltaan erilaisia kerroksia. Tällöin voidaan harkita kasan purkamista yhtenä kerroksena.

Fillerivarasto on tarkastettava. Sen on oltava ehdottomasti sellainen, että filleri säilyy kuivana.

Kylmäsuhteitus on suoritettava aina, kun käytettävät lajitteet vaihtuvat ja työn aikanakin mikäli esimerkiksi kiviainelajitteen kosteus oleellisesti ja pysyvästi muuttuu. Suhteitus tapahtuu tutkimalla kiviainessilojen antama kiviaines määrä aikayksikköä kohti eri siilon aukoilla ja säättämällä aukot siten, että päästään ohjekäyrään (täytejauhe huomioitava). On huomattava, että syöttölaitteet syöttävät tasaisesti vain mikäli siilot ovat täynnä.

Massanvalmistuskoneisto kokonaisuudessaan on tarkastettava ennen massanvalmistukseen ryhtymistä. Tarkastuksessa on kiinnitettävä huomiota erikoisesti seulojen ja sekoittimien kuntoon, niiden puhtauteen ja tiiviyyteen.

Kuumasuhteitus tehdään kuumasiiloista otettujen näytteiden ja täytejauheen rakeisuuskäyrien avulla. Suhteituksen perusteella lasketaan työseos. Kuumänäyte on otettava koko kuuma-siilon aukon leveydeltä seulan toimintasuunnassa, koska siilon vastakkaisille reunoille tuleva kiviaines on rakeisuudeltaan jonkin verran erilaista.

Sideaineen annostelun mittaaminen on suoritettava mittaamalla annoskoneissa annoksen tuleva sideainemäärä ja jatkuvasekoitteissa aikayksikössä tuleva sideainemäärä. Mittarien kalibrointi on suoritettava.

#### 4.12 Koemassa

Ennen varsinaisen massanvalmistuksen aloittamista on suoritettava ns. koesekoitus, josta syntynyt massa voidaan käyttää toisarvoiseen kohteeseen. Koemassasta tutkitaan massanäytteet sekä urakoitsijan että rakennuttajan toimesta. Näytteiden sideainepitoisuuden ja rakeisuuden on oltava tiettyjä rajoja lähempänä ohjearvoja, ennenkuin massan valmistus voidaan aloittaa.

Myöskään rinnakkaisnäytteiden tulokset eivät saa poiketa toisistaan enempää kuin on ko. sallittu hajonta. Muussa tapauksessa on mahdollisesti muutettava sekoituskoneen säätöarvoja ja suoritettava uusi koesekoitus.

#### 4.13 Massan valmistus

On tarkkailtava, että kylmämpään siilot ovat aina mahdollisimman täynnä. Jos hieno kiviaines on kosteata saattaa se "holvautua" siilossa ja kiviaineksen tulo lakkaa.

On seurattava, etteivät seulaverkot pääse tukkeutumaan ja ettei seuloja kuormiteta liikaa, jolloin on vaarana, että eri lajitteet sekoittuvat keskenään. Syötön tulisi olla



mahdollisimman tasaisen, koska tällöin seulojen kuormituskin on tasainen ja lajitteet pysyvät lähellä sitä, miksi ne on laskettu.

Seulojen ylivuotoa on seurattava ja mikäli se on runsasta, on syytä kylmäsyötön tarkistamiseen.

Sekoitusajan on oltava sellainen, että kaikki kiviainesraakeet peittyvät. Aika ei kuitenkaan saa olla yhtään tätä pitempi bitumin kovettumisen takia.

Pudotuksen auton lavalle tulisi olla mahdollisimman matala, jotta erottumista ei pääsisi tapahtumaan.

Kuorma-auton lavalta otetaan massanäytteet ohjeiden mukaisesti. En puutu näytteitä koskeviin asioihin tämän enempää koske ne on selvitetty perusteellisesti laadunvalvontaohjeissa.

Massan lämpötilaa tarkkaillaan jatkuvasti mitaten se vähintään jokaisesta kuormasta. Sekoituslämpötilan on pysyttävä annetuissa rajoissa. Myös sideaineen lämpötilaa on jatkuvasti mitattava. Lämpömittarit on muistettava tarkastaa välillä.

Materiaalimenekkejä on seurattava koko ajan sideaineen, tartukkeen ja täytejauheen osalta.

Valmistetun massan määrän ylösotto koneasemalla on järjestettävä.

Syklonipöly on mahdollisimman tarkkaan pyrittävä saamaan massan sekaan. Täytejauheen syöttöä tulisi voida pienentää, jos rakeisuus ylittää ohjearvoon syklonipölyn kanssa.

Yhteenvetona massan valmistuksen valvonnasta voidaan todeta seuraavat tärkeät seikat:

- jatkuva tasainen käyttö
- erottumisen estäminen
- lämpötilat
- sekoittuminen

- massanäytteiden tutkimukset

#### 4.2 Laadunvalvonta levityskohteessa

##### 4.21 Valmistelevat toimenpiteet

Ensin on suoritettava levittäjän tarkastus. Tärkeimpiä kohtia levitystyön onnistumisen kannalta ovat levityspalkin ja kierukan kunto. Palkin tulee olla suora ja kierukka ei saa olla kovin kulunut. Kulunut kierukka aiheuttaa lajittumajälkeä päällysteeseen.

Jyräyskaluston on oltava sopiva.

En käy selvittelemään tässä sen tarkemmin jyrien valintaa, mutta mielestäni ei vaatimukseksi riitä 2 jyrää levittäjää kohti kuten laadunvalvontaohjeissa on sanottu.

Levityspohjan on oltava tasainen, karkea, kova ja mahdollisimman kuiva. Kosteallekin pohjalle voidaan levittää, jos ei ole selviä vesilätäköitä.

##### 4.22 Levitystyön aikana suoritettavat toimenpiteet

Levitettävän massan lämpötilojen on täytettävä tietyt vaatimukset ja sen takia lämpötilan mittaus on suoritettava jokaisesta kuormasta ja nimenomaan ennen tyhjentämistä.

On tarkkailtava sitä, että levittimessä on massaa jatkuvasti.

Valvottava sauman ja reunan teon huolellisuutta, samoin yleistä siisteyttä ja tarkkuutta levittimessä. Valvottava, että massaa ei tarpeettomasti heitellä juuri levitetylle osalle.

Eräs tärkeimpiä asioita levityksen valvonnassa on jyräyksen tarkkailu. Jos päällysteen pintaan syntyy halkeamia, hälyttää se heti väärästä jyräyksestä. Tosin muitakin halkeamien aiheuttajia on, mutta virheellinen jyräys lienee tavallisim-



pia. Saatetaan käyttää liian raskaita jyriä esijyräyksessä tai suoritetaan jyräys liian aikaisin. On valvottava, että jyrän valssien huuhtelu toimii eikä jyristä vuoda öljyä. Jos öljyä on vuotanut päällysteelle on päällyste tältä kohdin poistettava tuoreeltaan ja korvattava uudella massalla.

Jyräysjärjestys on oltava ohjeiden mukainen.

On valvottava, ettei päällysteen paksuutta sääteleviä ruuveja tarpeettomasti kierrellä.

Massamenekin tarkkailua on suoritettava jatkuvasti. Tätä varten on levityspäässä suoritettava kuormien ylösotto. Menekkiä voidaan suuntaa-antavasti tarkkailla myös päällysteen paksuutta mittaamalla. Liimausaineen ja karkeutuskivien menekkitarkkailua on myös suoritettava.

Levityspään valvojan on syytä suorittaa myös säätilan tarkkailua ja keskeyttää levitys sateen takia. Myös määräyksiä aloittamis- ja lopettamisajoista on noudatettava. On siis seurattava kalentereista auringonnousun ja -laskun aikoja.

Poranäytteiden ottamista on valvottava ja että näytteitä otetaan oikea määrä. Rakennuttajan edustaja määrää ensimmäisen ottokohdan kullakin kerralla.

Päällysteen tasaisuus mitataan tasaisuusmittarilla, jonka antamia epätasaisuuskohtia voidaan tarkistaa 5 m:n oikolaudalla. Tasaisuuden mittauksesta laaditaan pöytäkirja.

Työn aikana pidetään erityistä virheluetteloa sellaisista työvirheistä, joita ei voida eikä kannata korjata. Rakennuttajan ja urakoitsijan edustajat allekirjoittavat luettelon ja se liitetään loppukatselmusasiakirjoihin.

#### 4.3 Yhteenveto laadunvalvontatoimenpiteistä

##### 4.31 Silmämääräinen tarkastus

- sekoituskoneiston kunto ja puhtaus
- seulojen kunto ja puhtaus

- laboratoriovälineiden kunto
- kiviaineksen homogeenisuus
- massan homogeenisuus
- massan sekoittuminen
- päällysteen ulkonäkö

#### 4.32 Näytetutkimukset

- kiviaineksen kelpoisuus
- sideainepitoisuus
- kiviaineksen rakeisuus
- sideaineen laatu
- täytejauheen laatu
- päällysteen paksuus, ominaispaino, stabiliteetti, tyhjätilat, flow-arvo

#### 4.33 Mittaukset

- sideaine-, täytejauhe-, tartuke- ja liimausainemene-  
kit
- massamenekki ( $\text{kg/m}^2$ )
- päällysteen tasaisuus
- sideaineen ja massan lämpötilat

### 5. VALVOJIEN KIRJALLISET TEHTÄVÄT

Valvojilla on lukuisa määrä erilaisia kirjallisia tehtäviä, jotka eivät kaikki suoranaisesti palvele laadunvalvontaa, mutta joissa ilmoitetaan laadunvalvontaa koskevia asioita. Ne ovat seuraavat:

- raaka-ainekirjanpito (bit. fill. tartuke)
- päiväraportit (valv. lom. 1)
- puolikuukausiraportit (valv. lom. 2)
- lopettamisilmoitus



- valmistumisilmoitus
- työmaapäiväkirjan pito
- mittauspöytäkirjat (pinta-ala ja tasaisuus)
- virheluettelo
- massanäytteitä koskeva yhteenvetoilmoitus päällystetäytty-peittäin

#### 6. ERIKIELISYYDET URAKKASOPIMUSTEN TULKINNASSA

Kuten edellä esitetystä selvästi huomaamme, on laadunvalvonnan tehtäväkenttä tavattoman laaja jo tierakennuksen yhdessä osatehtävässä, päällystystöissä.

Päällystystöiden laadunvalvonta nivoutuu meillä muuhun urakanvalvontaan.

Kuten yleensäkin valvontatehtävissä, on tässäkin lähdettävä siitä, että urakkasopimus muodostaa ne pelin säännöt, joita osapuolien on noudatettava. Ellei siitä löydy ratkaisua johonkin osakysymykseen, on ensin työmaatasolla pyrittävä tekemään kohtuullinen ja oikea ratkaisu. Ellei työmaalla löydetä ratkaisua siirretään se työpäällikkötasolle. Tällöin voidaan laadunvalvontaa koskevat asiat esittää laadunvalvontata- tai päällysteinsinöörille. Ellei työpäällikkö- tai toimialapäällikkötasolla päästä ratkaisuun on syytä siirtää asia loppukatselmuksessa käsiteltäviin asioihin.

Urakkasopimuksen tulkintojen ollessa erilaisia rakennuttajan ja urakoitsijan taholla, tulee joskus kipeänä esiin ongelma massan valmistuksen tai levityksen lopettamisesta. Tämä on asia, jossa syntyy usein erimielisyyksiä.

Kuitenkin, jos laadunvalvonta toimii alussa esittämäni kaavion mukaisesti ts. urakoitsija tekee siitä oman osuutensa, ei varsinaista ongelmaa synny, vaan urakoitsija itse pysäyttää koneet aiheen ilmaantuessa ja suorittaa tarpeelliset toimenpiteet. Jos koneiden pysäyttämisen syyn vakavuudesta



on osapuolilla erilaiset näkemykset, on taas otettava yhteyttä ylöspäinkin kiireellisesti ja jollakin tasolla on ratkaisu tehtävä lähtökohtana se, ettei epäkelpoa tuotetta valmisteta. Koneiden pysäyttämishukkaa ei kuitenkaan tule käyttää kevytmielisesti laadunvalvonnan apukeinona.

Näitä asioita, samoinkuin oikeutta ja kohtuutta, on vaikea kenellekään opettaa, koska jokainen tapaus on erilainen ja erikseen harkittava tiedossa olevien tosiasioiden pohjalta.

## 7. PARANNUSEHDOTUKSIA

Meillä on päällystystöiden laadunvalvonnassa omaksuttu suhteellisen tarkoin urakoitsijan oikeudet ja velvollisuudet määrittelevä linja. Urakoitsijan liikkumavapaus on pieni. Valvontajärjestelmä voidaan melkein määritellä "keskinäisen epäluottamuksen järjestelmäksi." Järjestelmään on saattanut olla aihetta aikaisempina vuosina ja joidenkin urakoitsijoiden kohdalla vieläkin. Kuitenkin tällainen valvonta saattaa estää urakoitsijoita kehittämästä omaa toimintaansa. Se joutaa myös turhaan päällekkäisyyteen (2 laboranttia ja laboratoriota työmaalla sekä kahdet tutkimukset) sekä eräisiin epäloogisuuksiin, joista hyvänä esimerkkinä on rakeisuus-käyrän alapää. Me kehoitamme urakoitsijaa ottamaan syklonipölyn massan sekaan mahdollisuuksiensa mukaan, me annamme myös  $\neq 0,074$  seulan läpäisyohjearvon sekä täytejauheen käytön ohjearvon ja tarkkailemme sen menekkiä jopa merkiten todetun käyttöprosentin valmistumisilmoitukseen. Tällöin on urakoitsija voinut joutua puhaltamaan tonnimäärin syklonipölyä taivaalle saadakseen kulumaan määrätyn täytejauhemäärän.

Toisenlaisena vaihtoehtona valvontajärjestelmäksi voitaisiin ajatella enemmän urakoitsijan omaa vastuuta korostavaa menettelyä, jollainen on eräissä maissa käytössä. Tämä edellyttäisi ainakin seuraavia seikkoja:

- vastuuntuntoinen urakoitsijakunta
- suuremmat arvonalennusuhkat



- selvemmat vaatimukset päällysteiden ulkonäöstä
- mahdollisesti pitemmät takuuajat ja selvästi määritellyt takuuajan toimenpiteet.

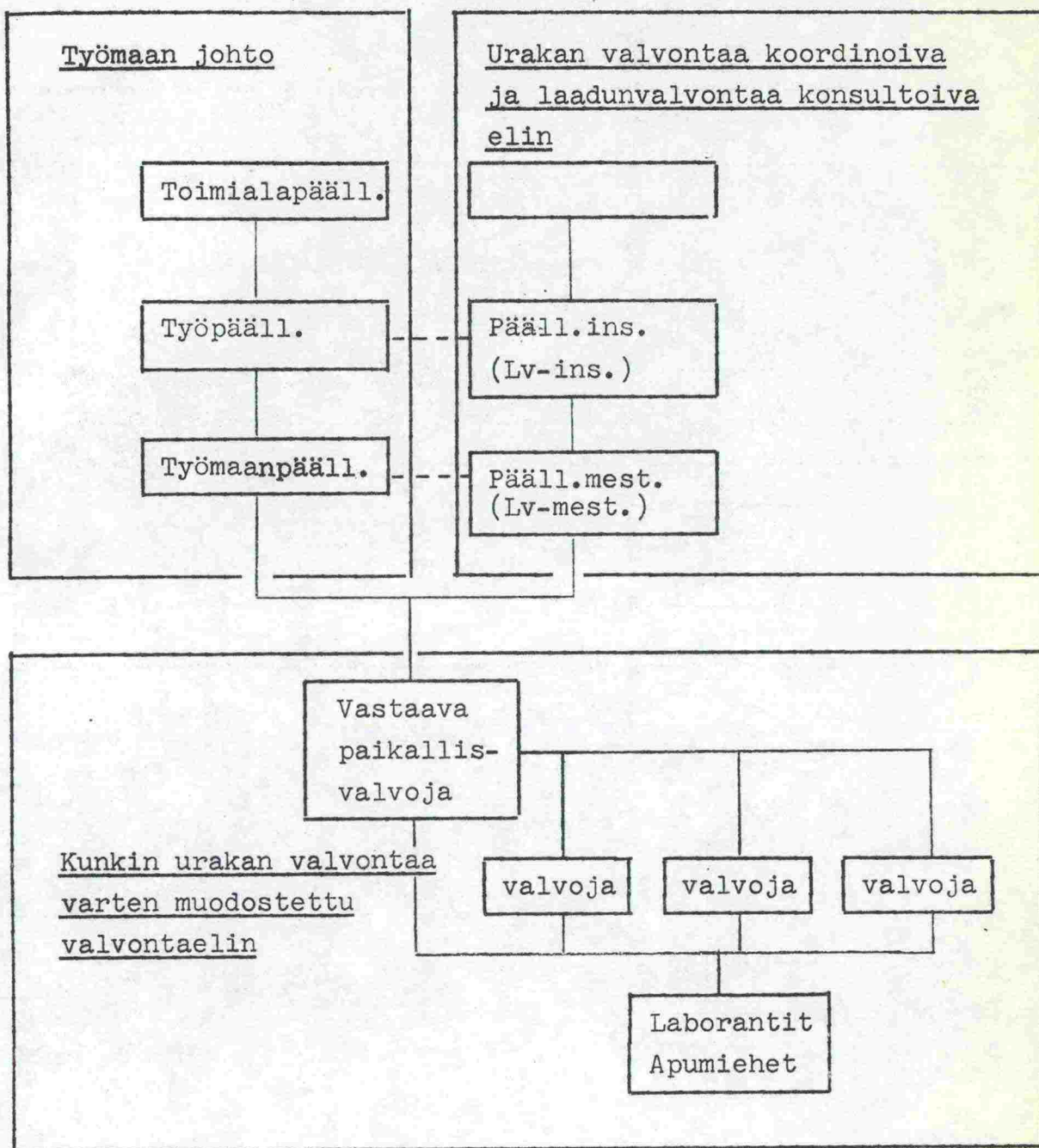
Tällaisessa järjestelmässä voisi valvonnan rajoittaa kääristetyksi sanoen kilometrimittaukseen.

Meillä on viime kesinä jo ollut varsinkin etelä-Suomen piireissä tiettyjä vaikeuksia teknisen henkilökunnan puutteen takia, koska päällystystyöt vaativat nykyisellään paljon henkilökuntaa. Valvontajärjestelmän muuttuminen edellä esitettyyn suuntaan toisi helpotusta asiaan. Mielestäni meillä olisi ainakin harkittava, onko meillä mahdollisuuksia ja missä laajuudessa tämänlaatuiseen järjestelmään.

U R A K K A S O P I M U S			
URAKOITSIJA		RAKENNUTTAJA	
Urakan suoritus		Urakan valvonta	
Työnjohto	Laadunvalvonta	Laadunvalvonta	Varsinainen urakan valvonta
Työsuoritukset	Tarkastukset Mittaukset Näytteenotot Näytt. tutk.	(Tarkastukset) (Mittaukset) (Näytteenotot) (Näytt. tutk.) Urakoitsijan laadunvalvonnan valvonta	Suoritemäärät Maksut Vakuudet Suoritusajat Työmaakokoukset

KAAVIO 1





KAAVIO 2

TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

TSTO.INS. LASSE WECKSTRÖM

VI ASFALTTIPÄÄLLYSTEIDEN LAADUN  
ARVOSTELU



## VI ASFALTTIPÄÄLLYSTEIDEN LAADUN ARVOSTELU

Nyky aikaista asfalttimassan ja päällysteiden valmistusta voidaan täydellä syyllä verrata muihin teollisiin tuotantoprosesseihin. Tehdasmaiseen tuotevalmistukseen kuuluu yleensä erottamattomasti laadunvalvonta, jota taas seuraa laadunarvostelu. Asfalttimassan valmistuksen tarkkailuun soveltuvat yleisesti teollisuudessa käytetyt menetelmät.

### 1. LAATUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Päällystystyön valvonnan eräänä tärkeänä tehtävänä on estää epäkelvon tuotteen syntyminen sekä antaa kuva tuotteen laadusta ja mikäli poikkeamia esiintyy, pyrkiä selvittämään poikkeamien syntyyn liittyviä seikkoja (esim. aiheutuuko virhe rakennusmateriaaleista, suhteituksesta vai ehkä jyräysvirheistä). Laadun tarkkailusta saatujen tietojen perusteella on suoritettava mahdollisesti säätöjä sekoituskooneistossa, muutoksia jyräyskaaviossa tai -kalustossa.

Päällysteen laadun arvostelu on varsin monimuotoinen tehtävä. Arvosteluhan pyrkii selvittämään päällysteen kelpoisuuden ja työohjeiden mukaisen laadun. Mikäli laadussa on tapahtunut poikkeamia, on näiden poikkeamien vaikutus päällysteen kestoikään pyrittävä ennakoimaan. Huolellisella rakentamisella ja sen valvonnalla voidaan useimmiten välttää monet haitallisesti laatuun vaikuttavat tekijät, jos niiden synty tapa tunnetaan tai saadaan selvitettyksi.

Asfalttipäällysteiden laatuun vaikuttaa monilukuinen joukko eri tekijöitä, joista osa on vuorovaikutuksessa toisiinsa. Nämä tekijät voivat vaikuttaa päällysteeseen eri olosuhteissa erilailla ja ne muuttuvat päällysteen iän kasvaessa.

Päällysteen laatuun vaikuttavat tekijät voidaan jakaa pääryhmiin esim. seuraavasti:

- a) Päällysteen laatuominaisuudet, johon kuuluvat mm. päällysteen tilavuuspaino, tyhjättila ja Marshall-stabiiliteetti. Näistä tyhjättila ilmaisee päällysteen tiiviyyden ja se on niinmuodoin tärkein tämän ryhmän ominaisuus.



Marshall-stabiliteetti ilmaisee yleensä myös tyhjätilan ja massan suhteituksen sekä sideaineen laadun yhteisvaikutuksen. Laadun arvostelussa sitä voidaan käyttää lisäselvityksenä tietyissä tapauksissa.

- b) Päällysteen ainesosien laadun ja määrän merkitys on myös huomioon otettava tekijä. Mikäli massan suhteitus on tehty oikein, siis ohjearvot on määritetty siten, että niitä käytettäessä päällyste saavuttaa parhaimmat ominaisuutensa, merkitsee poikkeama ohjearvosta aina päällysteen ominaisuuksien huononemista. Nämä poikkeamat ilmenevät yleensä myös edellisessä kappaleessa mainituissa laatuominaisuuksissa, ennen kaikkea tyhjätilassa ja stabiliteetissa.
- c) Päällysteen rakenteellisista ominaisuuksista tärkeimmät ovat lajittumis- ja tiiviyyden vaihtelu sekä massamäärä. Tiiviyyden vaihtelu ilmaistaan tavallisesti tilavuus-, paino- ja tyhjätilasuhteina. Massamäärän poikkeama ohjearvosta lasketaan poikkeavien poikkileikkausten prosentuaalisena lukumääränä ja massan jakautuminen koko päällystettävälle alueelle ilmaistaan massamääräsuhteena. Sauman laatu ilmaistaan esim. tyhjätilan avulla tai tyhjätilasuhteena ja päällysteen tasaisuus epätasaisuuksien lukumääränä.

## 2. LAATUVAATIMUKSET JA SALLITUT TOLERANSSIT

Tiepäällysteen laatu vaikuttaa sen kestävyYTEEN ja siis samalla myös kunnossapito- ja käyttökustannuksiin. Laadun ja rakennuskustannusten välillä vallitsee myös tietty riippuvuus. Näin ollen tiepäällysteille asetettavilla laatuvaatimuksilla on kauaskantoiset seuraukset. Liian korkean yhtäläillä kuin liian matalan laatutason vaatimisella on omat haittansa.

Tie- ja vesirakennuslaitoksen teettämien päällystystöiden laatutaso on määritelty päällystekohtaisissa työselityksissä, asfalttipäällystenormeissa sekä tienpäällystystöitä koskevissa ohjekirjasissa. Arvostelun perusteina käytetään massa- ja raaka-ainenäytteiden sekä valmiista työstä otettujen näytteiden tutkimustuloksia, työnaikaisia mittauksia, silmäämäärisiä havaintoja ja muita mahdollisia selvityksiä.



Arvostelua varten lasketaan näytteiden ja määritysten keskiarvotuloksia, poikkeamia annetuista ohjearvoista ja -rajoista, keskihajonnan arvoja sekä tilastomatemattisia poikkeamia. Tämän lisäksi tarkkaillaan massojen lämpötiloja ja levitysmääriä sekä valvotaan työmenetelmiä. Näin ollen päällysteiltä edellytetty vaatimustaso muodostuu erillisistä osavaatimuksista. Nämä osatekijät on asetettava myös keskenään tasapainoisiksi.

Laatuvaatimuskysymykseen liittyy yleensä kaksi lukuarvoiltaan määrättyä suuretta: ohjearvon (esim. sideainepitoisuus tai rakeisuus) lisäksi tarkkuusvaatimus eli sallittu toleranssi, jonka sisällä tutkimustulokset saavat vaihdella. Esimerkiksi sideainepitoisuudella sallitaan vaihtelurajat  $\pm 0,4 \%$ . Vastaavasti tyhjätilaylitusten osalla sallitaan eräiden päällystetyyppien työselityksissä toleranssina tietty määrä asetetun vaatimustason ylityksiä. Toleranssirajat on määriteltä myös rakeisuustuloksille ( $0,074 \text{ mm} \pm 2 \%$ ,  $4 \text{ mm} \pm 5 \%$  ja  $12 \text{ mm} \pm 5 \%$ ), massamäärälle ( $6 \text{ kg} \pm 5 \%$ ) sekä päällysteen tasaisuudelle.

Massan valmistuksen sekä päällysteiden tiivistyksen yhteydessä tarkkaillaan, pysyväkö näytteiden hajonta sallittujen rajojen sisällä. Poikkeamat ohjearvoista tai toleranssirajojen ylitykset voivat olla seurausta kahdesta eri syystä, joko satunnaispoikkeamista tai systemaattisista poikkeamista.

Satunnaispoikkeamat voivat johtua lukuisista eri syistä kuten pienistä rakennusmateriaalien laatuvaihteluista, lämpötila- tai kosteusvaihteluista yms. Systemaattiset poikkeamat taas syntyvät usein äkillisesti ja johtuvat esim. konevicioista tai epänormaaleista vaihteluista aineskomponenttien ominaisuuksissa. Laadun tarkkailun kannalta on tärkeätä selvittää, milloin hajonta aiheutuu satunnaissyystä ja milloin systemaattisista syistä. Pienet laatutason poikkeamat saattavat monta kertaa aiheuttaa vain parannusta päällysteiden valmistuksessa, näytteen otossa tai itse tutkimusmenetelmässä.

### 3. LAADUN TILASTOLLINEN TARKASTELU

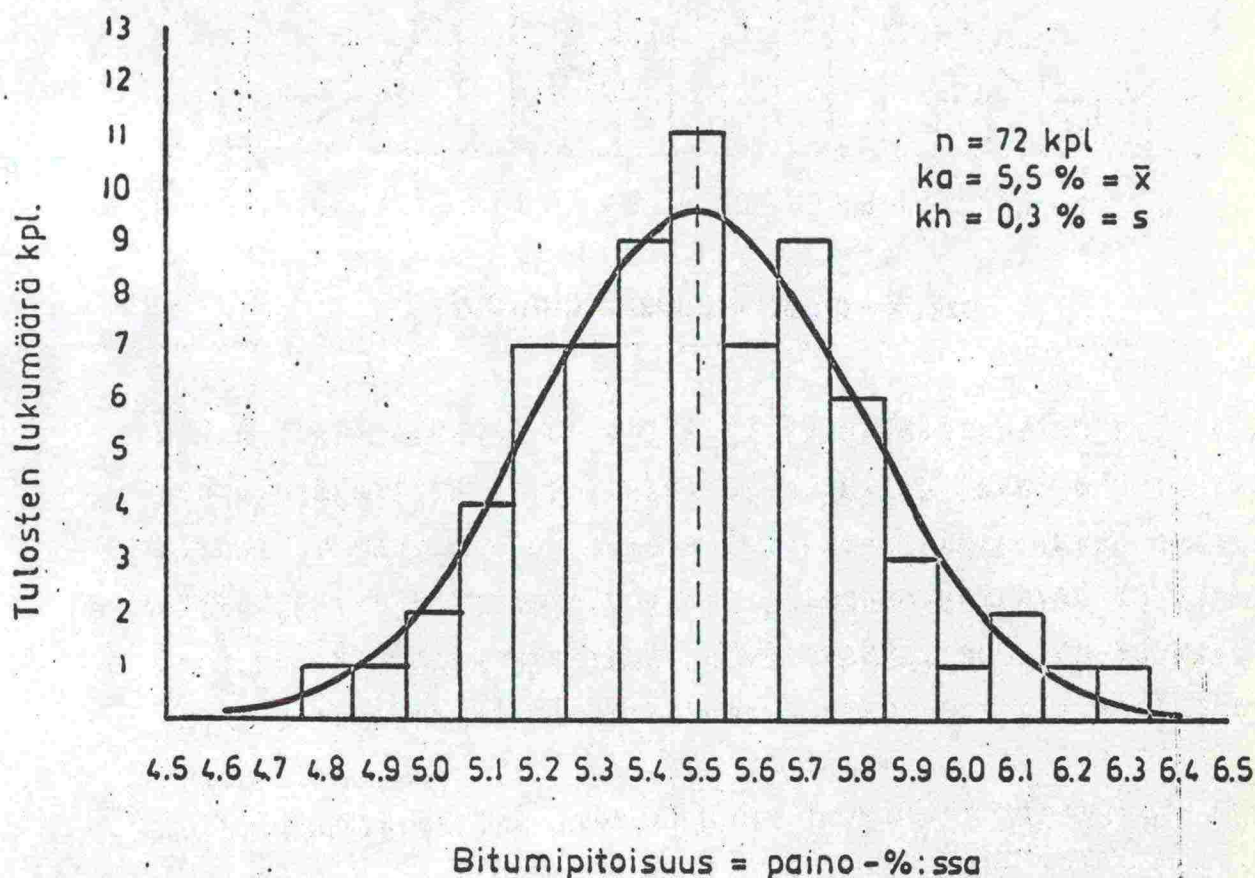
Tiepäällysteiden tutkimiseen soveltuvat erityisen hyvin erilaiset tilastomatemattiset menetelmät. Laatuvaatimuksia



asetettaessa otetaan huomioon kuten edellä mainittiin päällysteiden valmistuksessa tapahtuva satunnaishajonta. Niin kauan kuin poikkeamat ovat yksinomaan satunnaispoikkeamia, ne sijoittuvat ohjearvon molemmiin puolin siten, että suurin osa sijoittuu ohjearvon välittömään läheisyyteen ja mitä kauemmaksi ohjearvosta siirrytään, sitä vähemmän näytteitä esiintyy.

Edellisten vuosien aikana suoritettujen lukuisten tutkimustulosten perusteella on voitu laskea erilaisista laatuominaisuuksista kuten esim. sideainepitoisuudesta, rakeisuudesta tai tyhjätilasta eri päällystetyypeillä normaaleina pidettävät poikkeamat.

Kuva 1.



Kuvan 1 esimerkissä on esitetty 72 asfalttibetoninäytteen sideainemäärityksistä laskettujen paljouksien perusteella piirretty käyrä. Myös muista ominaisuuksista kuten rakeisuudesta ja tyhjätiloista voidaan piirtää vastaavat esimerkit. Laadunvalvonnalla pyritään selvittämään, sopiiko tarkkailtava näyte-erä sellaisen normaalijakautuman piiriin, joka kulkee halutun ohjearvovaatimuspisteen kautta sallitulla tarkkuudella ja onko sen hajonta normaalin suuruinen.



Gaussin normaalijakaumataulukko

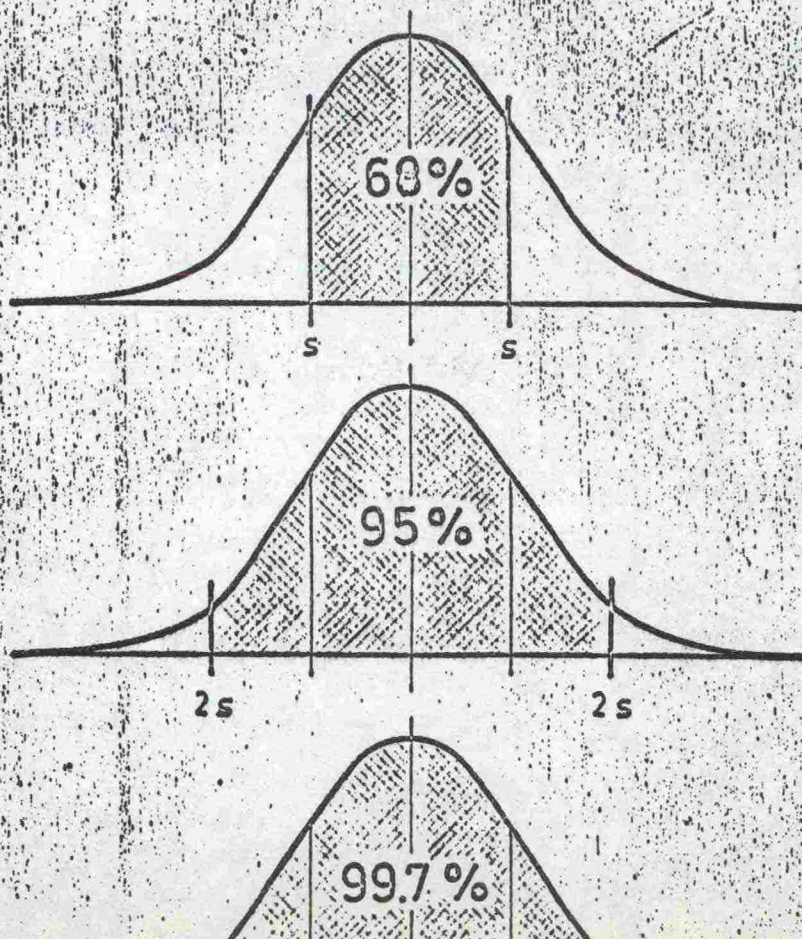
$\lambda$	$\Phi(\lambda)$	$\lambda$	$\Phi(\lambda)$	$\lambda$	$\Phi(\lambda)$	$\lambda$	$\Phi(\lambda)$	$\lambda$	$\Phi(\lambda)$
0,00	0,0000	0,30	0,2388	0,90	0,6318	1,50	0,8044	3,00	0,9973
0,01	0,0080	0,32	0,2510	0,92	0,6424	1,55	0,8788	3,05	0,9978
0,02	0,0160	0,34	0,2662	0,94	0,6528	1,60	0,8904	3,10	0,9981
0,03	0,0240	0,36	0,2812	0,96	0,6630	1,65	0,9010	3,15	0,9984
0,04	0,0320	0,38	0,2960	0,98	0,6730	1,70	0,9108	3,20	0,9986
0,05	0,0398	0,40	0,3108	1,00	0,6826	1,75	0,9198	3,25	0,9988
0,06	0,0478	0,42	0,3256	1,02	0,6922	1,80	0,9282	3,30	0,9990
0,07	0,0558	0,44	0,3400	1,04	0,7016	1,85	0,9358	3,35	0,9992
0,08	0,0638	0,46	0,3544	1,06	0,7108	1,90	0,9428	3,40	0,9993
0,09	0,0718	0,48	0,3688	1,08	0,7198	1,95	0,9488	3,45	0,9994
0,10	0,0786	0,50	0,3830	1,10	0,7286	2,00	0,9544	3,50	0,9995
0,11	0,0876	0,52	0,3970	1,12	0,7372	2,05	0,9596	3,60	0,9997
0,12	0,0956	0,54	0,4108	1,14	0,7458	2,10	0,9642	3,70	0,9998
0,13	0,1034	0,56	0,4248	1,16	0,7540	2,15	0,9684	3,80	0,9999
0,14	0,1114	0,58	0,4380	1,18	0,7620	2,20	0,9722		
0,15	0,1192	0,60	0,4514	1,20	0,7698	2,25	0,9756		
0,16	0,1278	0,62	0,4648	1,22	0,7776	2,30	0,9788		
0,17	0,1350	0,64	0,4778	1,24	0,7850	2,35	0,9812		
0,18	0,1428	0,66	0,4908	1,26	0,7924	2,40	0,9836		
0,19	0,1506	0,68	0,5034	1,28	0,7994	2,45	0,9858		
0,20	0,1586	0,70	0,5160	1,30	0,8064	2,50	0,9878		
0,21	0,1664	0,72	0,5284	1,32	0,8132	2,55	0,9892		
0,22	0,1742	0,74	0,5408	1,34	0,8198	2,60	0,9906		
0,23	0,1818	0,76	0,5528	1,36	0,8262	2,65	0,9920		
0,24	0,1896	0,78	0,5640	1,38	0,8324	2,70	0,9930		
0,25	0,1974	0,80	0,5762	1,40	0,8384	2,75	0,9940		
0,26	0,2052	0,82	0,5878	1,42	0,8444	2,80	0,9949		
0,27	0,2128	0,84	0,6010	1,44	0,8502	2,85	0,9956		
0,28	0,2206	0,86	0,6102	1,46	0,8558	2,90	0,9963		
0,29	0,2282	0,88	0,6212	1,48	0,8612	2,95	0,9968		
0,30	0,2358	0,90	0,6318	1,50	0,8664	3,00	0,9973		

$\lambda = 4,41717, 100 \cdot \Phi(\lambda) = 99,9999999$   
 $\lambda = 4,89164, 100 \cdot \Phi(\lambda) = 99,9999999$   
 $\lambda = 5,32672, 100 \cdot \Phi(\lambda) = 99,9999999$   
 $\lambda = 5,73073, 100 \cdot \Phi(\lambda) = 99,9999999$   
 $\lambda = 6,10941, 100 \cdot \Phi(\lambda) = 99,9999999$

Kuva 2.

s = keskihajonta

Riski





VI/6

Tilastollinen todennäköisyys saadaan lasketuksi normaali-jakautumataulukon avulla (taulukko 1) tuntemalla ohjearvo sallittuine vaihtelurajoineen, tutkimustulosten keskiarvo sekä keskihajonta. Kuvassa 2 on esitetty tilanne, jossa tutkimustulosten keskiarvon ollessa ohjearvon suuruinen, muodostuu tilastolliseksi poikkeamaksi 32 % sallitun toleranssin ollessa keskihajonnan suuruinen. Kun toleranssi on kaksi x keskihajonta, on poikkeaman suuruus 5 % sekä tapauksessa kolme x keskihajonta, se on enää 0,3 %.

Saatuja koetuloksia on usein syytä verrata edellisten vuosien keskiarvo- ja keskihajonta-arvoihin, jotta vertailujen suorittamiselle olisi perusteita. Vertailutaulukoita pidetään mm. tästä syystä vuosittain ajan tasalla. Oheisena esitetään prosentuaalisen sideainemäärän sekä rakeisuus-tulosten perusteella lasketut keskiarvot ja -hajonnat viisivuotiskaudelta vv. 1965-69 tvl:n omien laboratoriodien, urakoitsijain sekä valtion teknillisen tutkimuslaitoksen määrityksistä laskettuina (oa. = ohjearvo).

Sideainemäärä (%)	Keskiarvo				Keskihajonta		
Pääll.tyyppi	oa.	tv1	urak.	vtt	tv1	urak.	vtt
Ab	6,01	6,04	6,07	6,04	0,28	0,19	0,26
SAb	5,78	5,79	5,81	5,73	0,23	0,18	0,23
BSk	4,52	4,55	4,57	4,55	0,28	0,21	0,29
BLS	4,20	4,26	-	-	0,24	-	-
ÖS	3,55	3,60	-	-	0,20	-	-

#### Rakeisuus (läpäisy-%)

Keskihajonnat:	0,074 mm			4 mm			12 mm		
Pääll.tyyppi	tv1	ur.	vtt	tv1	ur.	vtt	tv1	ur.	vtt
Ab	0,96	0,88	0,94	3,4	2,6	3,2	3,7	2,9	3,7
SAb	1,03	0,90	1,05	3,1	2,6	3,0	2,9	2,7	3,1
BSk	0,62	0,56	-	3,9	3,4	-	5,1	4,3	-
BLS	0,54	-	-	3,7	-	-	3,8	-	-
ÖS	0,66	-	-	3,8	-	-	3,9	-	-

Taulukoista voidaan mm. todeta, että

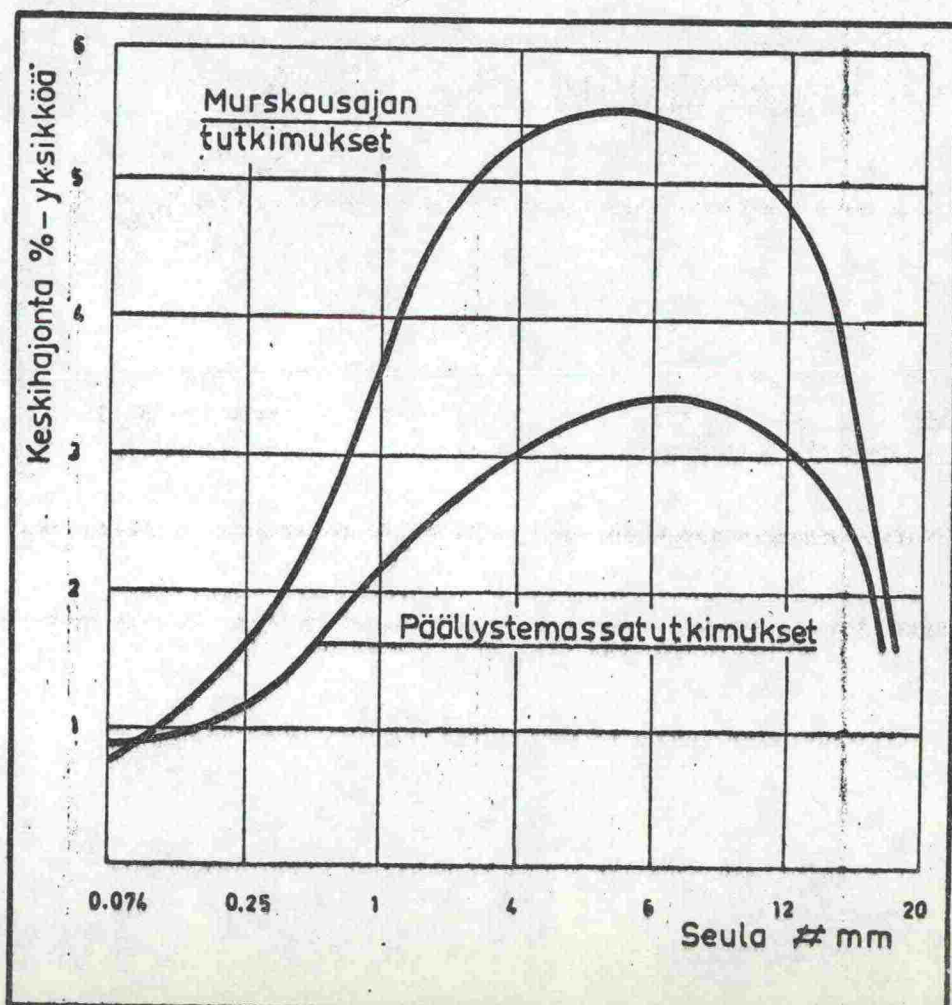


- urakoitsijain laboratorioden määrittämien sideainepitoisuuksien keskiarvot olivat kaikkien päällystetyyppien osalla korkeammat kuin rakennuttajalla.
- urakoitsijain laboratorioden läpäisyarvojen keskiarvot olivat kaikissa ryhmissä lähempänä ohjearvoa kuin rakennuttajan laboratoriossa saadut.
- molempien laboratorioden kaikki keskiarvot sijaitsivat ohjearvojen yläpuolella.

Urakoitsijain tulosten keskihajonnat ovat prosentuaalisesti huomattavasti rakennuttajan tuloksia parempia verrattaessa niitä vastaaviin keskiarvoihin. Tämä johtuu siitä, että pieni tulosten "kotiinpäin pyöristäminen" vaikuttaa vain vähän keskiarvoihin, mutta systemaattisena toimenpiteenä sillä on paljon enemmän vaikutusta keskihajontoihin.

Asfalttimassan laadun arvostelussa voidaan apuna käyttää myös rakeisuuden keskihajonta-arvojen tarkastelua. Kokeuksesta tiedetään, että korkeimmat läpäisyprosenttien hajonta-arvot esiintyvät useimmiten niitten seulojen kohdalla, joitten läpäisyarvo on noin 45...60 %.

Kuva 3.

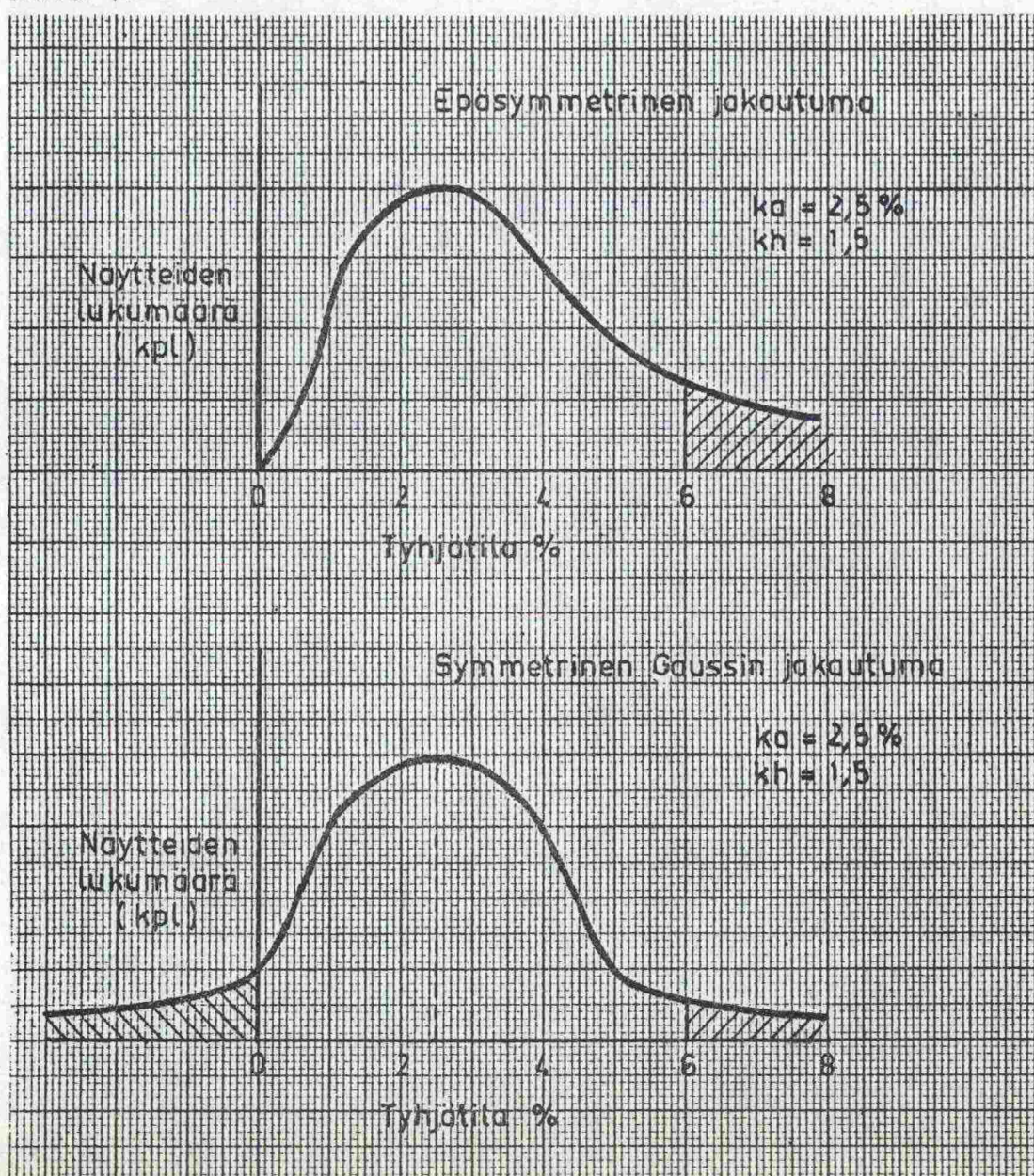




Kuvassa 3 on esitetty kaavio sora-asfalttibetonimassan kiviaineksen rakeisuuden keskihajonnasta eri seulojen kohdalla. Sen perusteella todetaan, että keskihajonta-arvot alenevat sekoitustyön ansiosta keskimäärin noin 40 %:lla. Seulan 0,074 mm läpäisyarvo pysyy kuitenkin yleensä ennallaan tai hieman kasvaa, mikä on seurausta epätasaisesta täytejauheliisäyksestä. Sellaisten asfalttimassojen osalta, joiden kiviainesta ei sekoituskoneistossa lajitella ja suhteiteta uudelleen, rakeisuuden keskihajonta-arvojen aleneminen on noin 20 %.

Eräänä vähäisenä epäkohtana edellä esitetyn Gaussin normaalijakautuman käytöstä saattaa eräissä tapauksissa aiheutua pientä epätarkkuutta. Kuvan 4 osoittamassa tapauksessa epäsymmetrisen jakautuman käyttö johtaisi todellisemman mukaiseen hajontaan.

Kuva 4.





## 4. ARVONVÄHENNYKSET

Kulkulaitosministeriön vuonna 1967 vahvistamien yleisten sopimusehtojen 13 ja 45 §:issä on käsitelty mm. arvonvähennyskysymystä. Näiden säännösten mukaisesti viat ja puutteellisuudet, jotka eivät oleellisesti haittaa työn tuloksen käyttöä, voidaan sopia, jos rakennuttaja niin haluaa, hyväksyttäväksi määräsuuruusena arvonvähennyksenä. Lisäksi on määrätty, että mikäli sopimuksen vaatimuksia vastaamattoman suorituksen oikaiseminen korjaamalla tai korvaamalla se uudella suorituksella muodostuisi kustannuksiltaan kohtuuttomaksi siihen haittaan nähden, joka virheistä aiheutuu, ja jos virheellinen suorituksen osa on sellainen, että sen oikaiseminen ei ole välttämätöntä, rakennuttaja voi tyytyä kohtuulliseen arvonvähennykseen. Arvonvähennyksen tulee tällöin olla oikeassa suhteessa laatutasoalituksen aiheuttaman päällysteen käyttöiän lyhenemiseen, virheistä johtuviin ylimääräisiin kunnossapitokustannuksiin ja yleensä päällysteen käyttökelpoisuuden alenemiseen. Vähennyksen suuruus on yleensä suoraan verrannollinen virheellisen alueen edustamaan pinta-alaan sekä riippuu ratkaisevassa määrin todetun poikkeaman suuruudesta.

Yleisimpiä arvonvähennyskohteita tvl:n urakoissa ovat olleet

- a) tilatun massamäärän vajaukset
- b) suurimman sallitun tyhjätilan ylitykset
- c) virheellisyydet sideainepitoisuudessa
- d) virheellisyydet kiviaineksen rakeisuudessa ja laadussa
- e) sallittua suuremmat epätasaisuudet, saumavirheet sekä ulkonäköseikat.

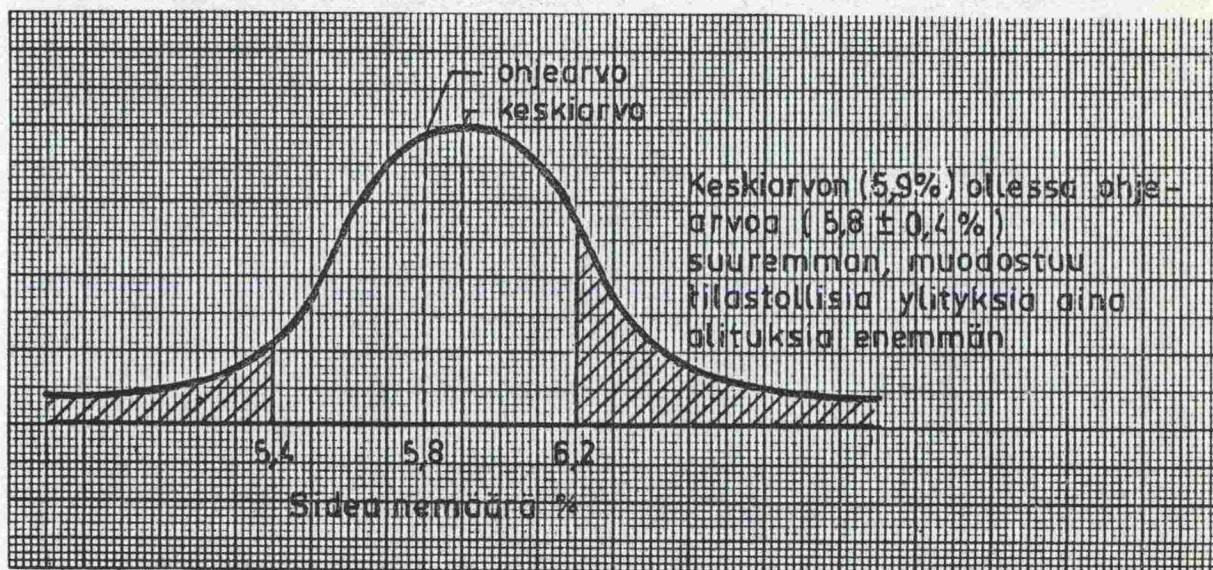
Sama virheellinen ominaisuus saattaa aiheuttaa vaatimustason alituksia useammassa laaduntarkkailukohteessa. Tästä ei kuitenkaan yleensä aiheudu arvonvähennyksen määräämistä samasta virheestä useampaan kertaan eikä arvonvähennyksen kohtuutonta kasvua.

Monasti kuulee esitettävän kysymyksiä siitä, eikö ole rakennuttajan taholta epäjohtonmukaista hyväksyä työ täysin ilman arvonvähennyksiä, vaikka sallittua suurempia poikkeamia onkin esiintynyt. Tämän asian selvittämiseksi on tarkasteltava massan valmistus-, levitys- ja tiivistysprosessia kuten mitä tahansa teollista massatuotantoa, missä



myös työn luonteen ja tarkkuuden mukaan on otettava huomioon omat sallitut toleranssit. Edellisten vuosien tilastoista tiedetään, että esim. Ab- ja SAb-päällystemassojen sideainepitoisuuden keskihajonta on n. 0,20 %. Sallitun toleranssin ollessa  $\pm 0,40$  % eli kaksi kertaa keskihajonta, jää tutkituista näytteistä keskimäärin 5 % toleranssirajojen ulkopuolelle, kuten kuvasta 2 voidaan havaita. Tällaisista poikkeamista ei tie- ja vesirakennushallituksen käsityksen mukaan arvonvähennyksiä vielä ole perittävä, vaan poikkeaman on katsottava kuuluvan normaalihajonnan puitteisiin. Eri asia on sitten, jos lisäksi näytetutkimusten keskiarvo poikkeaa ohjearvosta. Tällöin yleensä poikkeamaprosentti kasvaa, jolloin myös arvonvähennyksen määräämistä on erikseen harkittava. (kuva 5)

Kuva 5.



Arvonvähennyksiä määrättäessä otetaan yleensä huomioon myös muita asiaan vaikuttavia tutkimustuloksia. Esim. tyhjätilaylitysten osalla lieventävinä seikkoina on pidettävä korkeaksi katsottavaa keskimääräistä Marshall-lujuutta, edullista päällystenäytteiden ja sullottujen massanäytteiden tilavuuspainosuhdetta, tyhjätilan kannalta epäedullista rakeisuuskäyrää tai kiviaineksen huonoja lujuus- ja muotoarvoja.

Arvonvähennystä lisäävinä seikkoina on vastaavasti pidettävä huonoa keskimääräistä Marshall-lujuutta, epäedullista tilavuuspainosuhdetta sekä esim. levityskaistan sivusuunnassa ilmenevää korkeaksi katsottavaa tyhjätilan vaihtelua. Sideainepitoisuuden osalla lieventävinä tai vastaavasti arvonvähennystä lisäävinä seikkoina otetaan huomioon tutkimustulosten keskiarvon poikkeama todellisesta käytetystä



sideainemäärästä, mahdolliset analyysivirheet, mahdollinen selvästi todettava tulosten muuntaminen suuntaan tai toiseen sekä muut vastaavat seikat.

Rakennuttajan oma toiminta vaikuttaa myös paljon päällysteen laatuun. Useimmissa tapauksissahan rakennuttaja valmistelee päällysteen alustan ja luovuttaa osan ellei kaikkia työhön tarvittavista raaka-aineista. Arvonvähennyksiä laskettaessa on tarkoin selvitettävä, missä määrin mahdolliset virheet ovat rakennuttajan oman toiminnan tuottamusta.

Arvonvähennysten perimistä ei aina ole pidetty hyväksyttävänä menetelmänä. Edustettaessa tätä kantaa viitataan mm. siihen, että päällysteillä on tietty takuuaikansa. Päällysteiden kestoikä on kuitenkin paljon pitempi kuin nykyiset takuuajat. Lisäksi on otettava huomioon, että liikennekuormitus vaihtelee runsaasti eri tieosilla saaden ne siten eriarvoiseen asemaan.

Valtion päällystysurakat on eräitä urakointia koskevan asetuksen mukaisia erikoistapauksia lukuunottamatta annettava halvimman tarjouksen jättäneen urakoitsijan suoritettavaksi. Yksittäisten töiden laatutaso saattaa poiketa toisistaan runsaastikin. Tältä pohjalta ajatellen on urakoitsijan kannalta tasapuolista, että laatutasoerot oikaistaan arvonvähennyksillä ja että siten pyritään saamaan eri urakoitsijat laatutasosta riippuvien kustannusten osalta yhdenvertaiseen asemaan.

## 5. YHTEENVETO

Taloudellisuutta on pidettävä kaikessa rakentamisessa lähtökohtana. Tämä pitää erityisen hyvin paikkansa liikennekuormituksen, sääolosuhteiden sekä näiden molempien yhteisvaikutuksen alaisten tiepäällysteiden osalla. Tavoitteena on aikaansaada tiepäällysteitä, joiden yhteenlasketut rakennus-, kunnossapito- ja käyttökustannukset muodostuisivat mahdollisimman pieniksi.

Sen seikan selvittäminen, mitä tietty laatutaso todella tulee maksamaan, on varsin vaikea tehtävä. Laatuvaatimusten yksikköhintoja korottavan vaikutuksen lisäksi myös itse laadunvalvontatoimet maksavat. Valtion töissä noudatettua

valvontajärjestelmää on monesti arvosteltu liian kalliiksi. Tästä asiasta keskusteltaessa olisi tarpeen määritellä, mihin raja saakka on edullista tiukentaa laadunvalvontajärjestelmää. Teoriassa se on kannattavaa siihen saakka, kunnes tiukentamisen tuottaman laatutason nousun edustama hyöty alentuneina kunnossapito- ja ajokustannussäästöinä on yhtä suuri kuin laatutason nostamisesta aiheutuneet rakennuskustannukset.

#### Kirjallisuutta:

- Kauranne K., Markkula V.: Rakennusalan kiviainekset. Rakennustekniikka 7-10/1967.
- Markkula V.: Laadun arvostelu. Alustus asfalttipäivillä I/1970.
- Pohjoismaisen Tieteknillisen Liiton 31. jaoston normitöimikunta: Päällystenormit, ehdotus joulukuu 1970.
- Valtion teknillinen tutkimuslaitos: Asfalttipäällysteiden laatuun vaikuttavat tekijät ja laadun arvostelu. Tielaboratorio 1967.
- Weckström L.: Tiepäällysteiden tilastomatematisesta arvostelusta. Asfaltti 7/1970.
- Wester K.: Produktionskontrolle und Statistik. Strassen- und Tiefbau 8/1970.



TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

TEKN.LIS. AARRE NIEMI

VII PÄÄLLYSTEIDEN TUTKIMUS -  
JA KEHITYSTYÖT

## VII PÄÄLLYSTEIDEN TUTKIMUS- JA KEHITYSTYÖT

Päällysteitä tutkitaan paljon kaikkialla maailmassa. Suomessaakin ollaan tässä tutkimuksessa mukana, koska muualla saatuja tuloksia ei voi sellaisenaan käyttää toisenlaisista olosuhteista johtuen. Suomessa tällaista tutkimus- ja kehitystyötä tekee TVH rakentamalla ja tutkimalla koeteitä, yliopistot ja korkeakoulut diplomi- ja tutkimustöiden muodossa, Neste Oy ja muut bitumia toimittavat öljy-yhtiöt, ja myöskin valtion teknillisen tutkimuslaitoksen tielaboratorio omalta osaltaan tekemällä päällysteaiheisia oma-aloitteisia ja tilaustutkimuksia.

VTT:n tielaboratoriossa tapahtuvaan aineenkoetukseen sisältyy kiviaineitten, sideaineiden ja päällystenäytteiden normien mukainen tutkiminen, päällysteiden suhteitus- ja ohje-arvomäärittäyksiä, erikoismassojen (erittäinkin lattiapäällysteiden) reseptisuosituksia sekä vielä lisäksi kattohuopien ja vesieristeiden tutkimista yhdessä rakennusteknillisen ja paloteknillisen laboratorion kanssa. Varsinaisia päällystetutkimuksia tehdään enimmäkseen TVH:n tilauksesta mutta myös muita tutkimusten tilaajia on esiintynyt, mm. Asfalttiurakoitsijain Liitto. Tutkimustöitä tehdään yleensä laskutusperiaatteella todellisten kulujen mukaan, kuitenkin niin että kullekin tutkimukselle määrätään kattohinta.

Päällystetutkimuksissa on kolme eri mahdollisuutta verrata päällysteiden kestävyyttä: tehdä erilaisia laboratoriokokeita, tutkia päällysteitä koeradoilla tai rakentaa täysimittakaavaisia koeteitä. Kaikilla näillä menetelmillä on omat etunsa ja varjopuolensa. Koeteiden etuna on se, että silloin todella rakennetaan oikeita päällysteitä oikeissa olosuhteissa. Haittapuolena on valmistamisessa tapahtuva hajonta: alustat, sää, raaka-aineet, massat ym. vaihtelevat. Muutakin hajontaa esiintyy: Koeosuudet ovat useimmiten liikennemäärällisesti ja liikenneteknillisesti erilaisia. Seurauksena on, että jonkin yksityisen tutkittavan tekijän vaikutus useimmiten häipyä hajontatekijöiden taakse tai sitä on ainakin sieltä vaikea havaita. Tästä johtuen voidaan saada tulokseksi, että jollakin tekijällä ei ole mitään vaikutusta tai sitten voidaan vetää täysin väärä johtopäätös.



Koeradoilla pyritään vähentämään päällysteiden valmistuksessa esiintyviä hajontatekijöitä. Tämä usein saavutetaan-kin ja myöskin sääätä ja liikennettä voidaan säättää tarpeen mukaan. Haittana on kuitenkin se, että liikenne on yksipuolista, esim. kaarreajoa, jarrutusta, pyöräpainot ovat samoja jne. Vertailu luonnon olosuhteisiin tuottaa näistä syistä usein vaikeuksia.

Laboratoriokokeissa voidaan matkia eri voimien vaikutusta päällysteeseen esim. puristamalla, taivuttamalla, vedessä säilyttämällä ym. Laboratoriokokeissa voidaan vaihdeltavia tekijöitä säättää tarkoin, mikä onkin tällaisten kokeiden suurin etu. Haittapuolena on, että laboratoriokokeissa voidaan testata vain yhtä vaikutusta kerrallaan, jolloin aina jää epävarmuutta siitä mikä laboratoriokokeen merkitys on käytännössä.

Eräänä esimerkkinä erilaisten menetelmien käytöstä esitän kuumasekoitteisten massojen tartukekysymyksen. Kuumasekoitteisissa asfalteissa ei maailmassa yleisesti käytetä erityisiä tartukkeita. Laboratoriokokeilla voidaan kuitenkin helposti näyttää, että tällaisten tartukkeiden käyttäminen parantaa asfalttipäällysteen kestävyyttä erittäin selvästi. Koeteillä taas ei ole useista yrityksistä huolimatta voitu havaita minkäänlaista näkyvää eroa käytettiinpä sitten erilaisia tartukkeita tai ei. Koeradoilla on saatu vaihtelevia tuloksia. Viimeiset tiedot Ruotsissa tehdyistä koeratakokeista kertovat kuumabitumitartukkeiden parantavan asfalttipäällysteiden kestävyyttä nastarengaskulutusta vastaan. Näin siis koemenetelmistä riippuen saattavat päällystetutkimusten tulokset vaihdella.

VTT:n tielaboratoriossa parhaillaan käynnissä olevia päällysteisiin liittyviä tutkimusaiheita ovat mm:

- päällysteiden kitkatutkimukset
- nastarengaskulutusta kestävien päällysteiden kehittäminen
- erilaisten bitumien laatuvertailut
- siltojen eristys- ja päällystystutkimukset
- merkintämassoja koskevat tutkimukset
- päällysteiden säänkestävyystutkimukset

Koska kitkan merkitys nykyisillä päällysteillä yhäti kasvaa kerron hieman kitkamittauksista ja -tutkimuksista.



Kitka voidaan mitata vedettävillä vaunuilla, joita on kolmea perustyyppiä. Mittapyörä voi olla kokonaan lukkiutuva, se voi toimia määrätyllä jätöllä tai mittapyörä voi olla jossain kulmassa kulkusuuntaan nähden, jolloin mitataan sivuliukukitkaa. Tielaboratoriolla on hallussaan lukkiutuvalla pyörällä varustettu laite sekä myös sivuliukukitkaa mittaava vaunu, jossa on kaksi harittavaa pyörää. TVH:n lentokenttäosastolla puolestaan on kaksi noin 18 % jättöön perustuvaa kuorma-autolla vedettävää laitetta Helsingin ja Turun lentokenttien käytössä.

Paitsi vedettävillä vaunuilla voidaan kitkaa mitata myös jarrutusmatka- ja hidastuvuusmittauksin. Pienenä laitteena on myös käytössä heilurimittari, jolla voidaan määrätä eräänlainen kitka-arvo sekä tiellä että pienistä koekappaleista.

Kitkaan vaikuttavia tekijöitä ovat mm. sää, päällysteellä oleva vesimäärä, lämpötila, renkaan kunto ja ajonopeus. Päällysteeltä voidaan siten mitata monenlaisia kitkakertoimia riippuen siitä, minkälaisella laitteella ja millaisissa olosuhteissa kitka on mitattu. Päällysteen kitkakerroin ei siis ole suinkaan vain yksi määrätty lukuarvo. Eri päällysteiden kitkaominaisuuksia verrattaessa on myös tiedettävä, millaiset mittausolosuhteet ovat olleet. Mittauslaitetta valittaessa on tiedettävä, millaista kitkaa halutaan. Useimmiten kitkamittaukset liittyvät liikenneonnettomuuden välttämiseen tai jo tapahtuneeseen onnettomuuteen. Lukkiutuvala pyörällä tapahtuva mittaus vastaa usein onnettomuustapahumaa, mutta myöskin sivuliuku ja liukumisen jarrutettaessa tulevat usein kysymykseen, joten näitä olosuhteita määrittävä mittautapa vastaa tällöin parhaiten olosuhteita.

Päällystettä valmistettaessa kitkakerroin on aluksi alhainen sen vuoksi, että kiviainesrakeet ovat sideaineen peittämät. Jos ilmat ovat lämpimiä niin liikenne tiivistää päällystettä edelleen, jolloin kitka-arvot yhä laskevat. Muuten liikenne poistaa sideainetta päällysteen pinnasta, jolloin kitka paranee. Useinkin nastarengasliikenne nostaa päällysteen kitkakerrointa hyvin nopeasti kuluttamalla kivi-irakeiden välistä hienoa ainesta pois. Talven nastarengaskulutuksen jälkeen ovat päällysteen kitka-arvot keväällä maksimissa. Seuraavana kesänä lämpimänä aikana päällyste



tulee jälleen sileäksi ja kitka-arvot alenevat.

Suomessa ei ole normeissa toistaiseksi mitään määräyksiä päällysteeltä vaadittavista kitka-arvoista, joten päällysteen sekä rakentaja että rakennuttaja ovat vaikeassa asemassa yrittäessään arvioida, kuinka liukkaaksi päällyste tulee. Avoimella päällysteellähän on yleensä edulliset kitkaominaisuudet ja tiiviillä päällysteellä huonot. Eräissä päällysteissä (HAb ja VA) käytettävää karkeutuskiviainesta ei saisi jyrätä liian syvään valmistuksen aikana, vaikkakin hyvä kestävyys nastarengaskulutusta vastaan edellyttää karkeutuskivien hyvää tarttumista päällysteeseen. Karkeutuskiven tarttumista päällysteeseen voidaan parantaa lisäämällä sen bituminoimiseen käytettävää bitumimäärää ja sekoittamalla siihen täytejauhetta.

Eräs päällysteen kitkaa alentava tekijä on sen sisältämän sideaineen nouseminen päällysteen pintaan. Syynä tällaiseen virheeseen voi olla:

- bitumia on käytetty liikaa
- sekoituslämpötila on ollut liian korkea
- jyräyslämpötila on ollut liian korkea
- liikenne on päästetty liian aikaisin kuumalle päällysteelle.

Liukkaaksi muodostuvan päällysteen valmistuksessa on pyrittävä selvittämään liukkauden syyt. Tiivistysvaiheessa voi käyttää tarvittaessa lisäsepeleä. Päällystystyön valvonnassa on liukkauden suhteen kiinnitettävä erikoinen huomio liikenteellisesti vaarallisiin kohtiin kuten risteysalueiden, kaarteiden, jyrkkien nousujen ja siltojen päällysteisiin.

Nastarengaskulutusta kestävästä päällysteistä on vuosien kuluessa puhuttu paljon, mutta siitä huolimatta haluaisin vielä tässä yhteydessä esittää niiden arvojärjestystä määrittelevät periaatteet:

1. Kiviaines - paljon, pinnassa, kovaa ja suurikokoista.
2. Laasti - lujaa (kovaa mutta ei murtuvaa alhaisissa lämpötiloissa), hyvin sitovaa, mahdollisimman paljon, vettä ja suolavettä kestävä.
3. Työ - hyvä jyräys; jolloin tyhjätila jää pieneksi ja päällysteestä tulee vedenkestävää.

Jos näitä periaatteita noudattaen erilaiset päällysteet pan-

naan paremmuusjärjestykseen saadaan seuraava ryhmäjärjestys:

1. Kivipäällysteet
2. Sementtibetonipäällysteet. Suolankestävyys voitaneen hoitaa riittävällä ilmahuokosmäärällä.
3. Sirote + bituminen laasti. Tähän ryhmään kuuluvat karkeutetut päällysteet. Niiden karkeutuskiviaineksen maksimiraekoon on oltava vähintään 12 mm, mieluummin 20 mm, ja sen on oltava mahdollisimman tasarakeista. Laastina toimii HAb, VA tai HA, joiden sideaineeseen voidaan lisätä Trinidad-asfalttia.
4. Sirote + sideaine (sopii alle 2000 ajoneuvoa/vrk liikenteisille teille). Tähän ryhmään kuuluvat sirotepintaukset. Sirotteen on oltava kovaa ja aina puhtaaksi pestyä. Sideaineena ovat parhaita epoksihartsit, jotka kuitenkin ovat niin kalliita, että ne tulevat kysymykseen vain aivan erikoistapauksissa. Bitumisis-ta sideaineista on bitumi parasta, mutta sen käyttö onnistuu vain hyvin lämpiminä kuivina päivinä. Käytännössä paras sideaine on kationinen eli hapan bitumiemulsio. Bitumiliuoksilla, joita pääasiassa käytetään Ruotsissa voidaan helposti epäonnistua.
5. Kiviaines + bitumilaasti samassa seoksessa. Tällaisessa päällysteessä tulee kiviaineskäyrän olla sellainen, että seos sisältää paljon isoja rakeita ja paljon laastia välijakeiden määrän ollessa vähäinen. Tällaisen asfaltin valmistusvaikeutena on lajittumisen uhka.



TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

INS. REINO SKYTÉN

VIII SILTA - JA MUUT ERIKOIS -  
PÄÄLLYSTEET

## VIII SILTA - JA MUUT ERIKOIS PÄÄLLYSTEET

Jokainen päällystemies joutuu ennemmin tai myöhemmin tekemisiin sellaisten päällystyskohteiden kanssa, joissa päällysterakenteille asetetaan tiettyjä erikoisvaatimuksia, tarvitaan siis tavanomaisesta poikkeavia rakenteita tai päällystemateriaaleja. Tällaisten erikoisratkaisujen moninaisuuden vuoksi rajoitun seuraavassa käsittelemään vain yleisiä periaatteita, koska uskon siitä olevan suurempaa hyötyä kuin jonkin harvan yksityistapauksen perusteellisesta käsittelystä. Ammattilehdistöstä ja -kirjallisuudesta on aina mahdollista saada yksityiskohtaisia tietoja.

### 1. SILTAPÄÄLLYSTEET

Silloilla päällyste joutuu huomattavasti ankarampien rasitusten kohteeksi kuin tavanomainen tien päällyste. Esimerkiksi lämpötilan vaihtelut sillan päällysteessä ovat huomattavasti äkillisemmät ja voimakkaammat kuin tavallisessa tien päällysteessä. Väite ei ole itsestään selvä, joten se ansainnee tarkemman perustelun. Ajatellessamme päällysteen pinnan tai yleensä maanpinnan lämpötaloutta, voimme todeta, että päivällä päällysteen pinta lämpiää säteilyn vaikutuksesta. Osa säteilyenergiasta tulee suoranaaisena auringonsäteilynä, osa taivaan hajasäteilystä ja osa vielä lopuksi ilmakehän vastasäteilynä. Päällysteen pinta puolestaan menettää säteilyenergiaa siitä takaisin heijastuneena säteilynä ja omana ulossäteilynä. Tavallisen tienpäällysteen alla on paksu sepeli- ja sorapatja, jolla on suhteellisen hyvä lämmönjohtokyky ja suuri ominaislämpö. Sillan päällysteen alla on betonisilloilla tavallisesti ohut suojabetoni, jolla on myöskin hyvä lämmönjohtokyky ja suuri ominaislämpö, mutta heti suojabetonin alla on vesieristyskerros, joka on huono lämmönjohtaja. Vaikkapavesieristyskerros puuttuisikin, on yleensä sillan kansi suhteellisen ohut. Lämpötalouden kannalta pahimassa tapauksessa, teräskantisessa sillassa, on päällysteen alla suhteellisen ohut hyvä lämmönjohtaja, joka ei pysty va-



raamaan suuria lämpömääriä.

Vuorokautinen lämpötilanvaihtelu ulottuu mittausten mukaan kivennäismaissa noin 1/2 metrin syvyyteen, joten näin tienpäällysteen lämpötilavaihteluja tasaavat melkoisesti maamassat. Tämän perusteella ymmärrämme hyvin, että lämpötilavaihtelujen täytyy olla sillanpäällysteessä melkoisesti voimakkaampia ja äkillisempiä kuin tienpäällysteessä, mitään yhteinäistä havaintosarjaa tai mittauksia ei liene tehty, mutta hajatietojen ja analogioiden perusteella näyttää hyvin todennäköiseltä, että asfalttisen sillanpäällysteen pinta saattaa Suomen olosuhteissa parhaimmalla kesähelteellä tyynellä ilmalla saavuttaa +60 - +70°C lämpötilan ja toisaalta kirkkaana pakkasyönä voi päällysteen pinnan lämpötila alittaa ilman lämpötilan toistakymmentäkin astetta.

Toisena hyvin huomattavana tekijänä ovat päällysteen alustan liikkeet kuten esimerkiksi liikenteen aiheuttama tärinä ja taipumat, jotka tietenkin riippuvat sillan rakenteesta, joten niiden vaikutus on harkittava tapaus tapaukselta puhumattaan lämpötilavaihtelujen aiheuttamista päällysteen alustan lämpöliikkeistä, jotka esimerkiksi teräskantisilla silloilla voivat olla huomattavan suuria.

Oman lisärasituksensa siltapäällysteille aiheuttaa päällysteen läpi tunkeutuva vesi. Kulutuskerroksena käytettävät asfalttipäällysteet eivät koskaan ole täysin vesitiiviitä ja sauma- tai mahdollisista halkeamakohdista pääsee vettä päällysteen alle ja jäätyessään se aiheuttaa päällysteen vaurioitumisen, erikoisesti kun silloissa on päällysteen alla tiivis rakenne, joka ei läpäise vettä, vaan hyvin helpolla kerää veden pinnalleen. Tämän vuoksi on ehdottomasti kaikissa siltarakenteissa varattava vedelle tavalla tai toisella poistumismahdollisuus päällysteen alta.

Tarkastelkaamme nyt hieman miten erityyppisissä silloissa edellä mainitut erikoisrasitukset voidaan ottaa huomioon päällysterakenteissa ja aloittakaamme betonisilloista.

Yleisesti ottaen betonikantisen sillan päällistäminen on hel-



pompi asia kuin puukantisten tai teräskantisten siltojen, joskin vaikeuksia jää vielä riittävästi. Sillankansi on yleensä riittävän jäykkä. Betonisilta vaatii vesieristuksen, ettei päällysteen läpäisevä kosteus tunkeutumalla halkeamiin ruostuttaisi teräksiä ja aiheuttaisi betonirakenteen alle rumia kalkkitahroja. Suomessa tavanomaisen rakenteen mukaan eristys suojataan teräsverkkojäykisteisellä suojabetonilla. Viime aikoina on Keski-Euroopassa ja Pohjoismaista myös Norjassa melko suuressa mitassa alettu käyttää suojabetonittomia ratkaisuja, jolloin eristyskerroksena käytetään sopivia täytejauheita ja kumia sisältäviä butumisia erikoismastiksia, joille päällyste lasketaan suoraan. Joskin tällainen rakenne tarjoaa monia etuja mm. sillan oman painon pienentyessä tulevat kantavat rakenteet halvemmiksi, katsoisin kuitenkin tällä rakenteella olevan erään vakavan varjopuolen maamme olosuhteissa. Nykyisenä nastarenkaiden kukoistuskautenahan ne kuluttavat voimakkaasti päällysteitä ja erikoisesti silloilla, joissa ajetaan samoja ajoraitteita. Jos nyt päällyste kuluu talvella puhki, ei kestä pitkäkkään aikaa kun eristys kuluu puhki ja tällaisen päällysterakenteen korjaus on erittäin hankala toimenpide siten, että vesieristyskerros saadaan moitteettomasti korjattua. Sensijaan suojabetonisessa ratkaisussa ei eristys vaurioidu vaan ehkä osittain kulunutkin suojabetoni voidaan korjata ja sillan uudelleen päällystäminen on huomattavasti helpompi.

Päällysteen mahdollisesti läpäisevä vesi on pyrittävä poistamaan suojabetonin pinnalta. Poikittais- ja pituuskaltevuuksien vuoksi pyrkii vesi kerääntymään sillan reunoille ja päihin, joista sen on päästävä poistumaan sopivien tippuvesiputkien, viemäreiden tms. rakenteiden avulla. Jos suojabetonia ei käytetä, liittyy päällyste niin kiinteästi eristysmastiksiin, ettei mahdollinen kosteus pääse vaeltamaan eristuksen ja päällysteen välissä. Jos päällyste on riittävän tiivis, ei myöskään päällysteessä voi olla niin paljon kosteutta, että se turmelisi päällystettä jäätyessään. Sensijaan on erittäin suotava järjestää tavalla tai toisella "salaojitus" eristysmastiksin alle. Suomen oloissa ehkä käyttökelpoisin tapa on harvan lasikuitukankaan tai ehkä paremminsanottuna lasikuitu-



erittäin suotava, koska se liittäisi päällysteen lujasti, mutta joustavasti betonipintaan sallien pienet lämpöliikkeet ja toiseksi se lieventäisi liikenteen dynaamisten iskujen aiheuttamaa varsinkin heikomman kiviaineksen särkymistä päällysteen alapinnassa kovaa suojabetonia vastaan. Edellä mainitun kerroksen lisäksi pitäisin suotavana päällysteen erottamista sillan reunapalkeista tai jalkakäytävistä saumalla, joka täytettäisiin joustavalla saumausmassalla.

Teräslevykantiset sillat ovat kokeneet viime vuosikymmenen aikana melkoisen renesanssin ja mm. Suomeenkin on rakennettu joitakin tämän tyyppisiä siltoja. Käsittääkseni paras ratkaisu näiden päällystämiseen on saada aikaan varsinaisen päällysteen ja teräslevykannen väliin kerros, joka toisaalta tarttuu erittäin lujasti teräslevyyn ja varsinaiseen päällysteeseen ja on riittävän elastinen salliakseen lämpötilavaihtelujen aiheuttamat teräksen ja asfaltin erilaiset lämpöliikkeet, eikä tämäkään riitä, vaan varsinainen päällystelaatta on jaettava liikuntasaumoilla noin 10 metrin pituisiin osiin ja eroitettava jalkakäytävistä tai reunapalkeista samanlaisella liikuntasaumalla, jotka täytetään sopivalla joustavalla saumausmassalla.

Puukantisten siltojen päällystäminen on ehkä vaikein pulma. Puukansihan notkuu, elää kosteusvaihtelujen johdosta ja on suorastaan lämmöneriste, joten päällysteen lämpötilavaihtelut lienevät jyrkimmät puukantisilla silloilla. Ehdoton edellytys puukantisten siltojen päällystystyön onnistumiselle on se, että siltakannen lankut eivät liiku toistensa suhteen. Ne olisi siis naulattava toisiinsa kiinni. Ehkä halvimmaksi suhteellisen kestäväksi rakenteeksi on meillä Suomessa osoittautunut bitumirikkaasta hiekka-asfalttibetonista tehty 2-kerroksinen päällyste, jossa kerrosten välissä on sopiva raudoitusverkko, joka naulataan sinkilöillä alemman kerroksen läpi puukanteen kiinni.

Kaikissa siltapäällysteissä, mutta erikoisesti vaativimmissa kohteissa olisi suotavaa käyttää päällysteiden elastisuuden lisäämiseksi sopivia lisäaineita kuten kumia, mutta tämän tyyppiset erikoispäällysteet voimmekin käsitellä omana ryhmänä.



## 2. KUMIA YMS. LISÄAINEITA KÄYTTÄEN TEHDYT PÄÄLLYSTEET

Kumin vaikutus kohdistuu ensi sijassa bitumiin. Kautsu ts. vulkanoimaton kumi ei mainittavasti liukene bitumiin, mutta se turpoaa erittäin voimakkaasti ja turvonneet hiukkaset imevät bitumin öljymäisiä ainesosia. Bitumin viskositeetti kasvaa samoin kuin pehmenemispiste, mutta murtumispiste jää ennalleen tai kasvaa vain mitättömässä määrin. Kumi ei siis alenna bitumin murtumispistettä kuten usein väitetään, mutta se lämpötila-alue, jossa bitumi säilyttää plastillisuutensa ts. pehmenemispisteen ja murtumispisteen välinen lämpötila-alue kasvaa. Kokonaisuudessaan tällainen kumibitumiseos saa jonkin verran elastisia ominaisuuksia. Lisäämällä bitumiin kumia on siten mahdollista alunperin käyttää huomattavasti pehmeämpää bitumia, jonka murtumispiste on jo alunperin riittävän alhaalla ja nostaa kumilisäyksellä sen pehmenemispiste ja viskositeetti riittävän korkealle. Näin on mahdollista saada aikaan sideaineseoksia, jotka suhteellisen kylmässäkin ovat riittävän pehmeitä, mutta eivät siitä huolimatta lämmitessään pehmiä liikaa. Valitettavasti kautsu on suhteellisen kallista ainetta ja sitä on käytettävä noin 5 % sideaineen määrästä, jotta saavutettaisiin toivottu tulos. Pienemmällä kumilisäyksellä ei saavuteta riittävää tulosta ja suuremmat ovat ilman muuta epätaloudellisia. Näin kautsun käyttö muodostaa melkoisen kustannuslisän. On tehty paljon kokeita jätekumin ts. vulkanoidun kumin, joka jauhetaan, käyttämiseksi kautsun asemesta, mutta tulokset ovat olleet huomattavasti huonompia.

On huomattava, että vaikkakin kautsulisa huomattavasti muuttaa sideaineen ominaisuuksia, ei tällaisella kumibitumiseoksella valmistettu päällyste ulkonäöltään tai tunnultaan juuri lainkaan poikkea tavallisesta asfalttipäällysteestä. Jos kuitenkin esimerkiksi uraheilukentillä halutaan erittäin joustavaa, kimmoisaa päällystettä, on osa päällysteen kiviaineksesta korvattava kumirouheella, korkilla tms. ja näin valmistetaan uraheilukenttien kumiasfalttijuoksuradat, hyppypaikat jne.

Viimeaikoina on kumin asemesta pyritty käyttämään erilaisia muoveja ja tällaisista muovibitumiseoksista ja niillä tehdyistä päällysteistä on ollut melko ilahduttavia kokemuksia joskaan



ne eivät toistaiseksi ole saavuttaneet laajempaa käyttöä.

### 3. SYÖVYTTÄVIÄ AINEITA KESTÄVÄT PÄÄLLYSTEET

Tavalliset asfalttipäällysteet kestävät jo sinänsä hyvin monenlaisia aineita. Bitumiin on hyvin inaktiivinen materiaali eivätkä tavalliset hapot, emäkset ja suolat vaikuta siihen mitään. Sensijaan esim. hapot saattavat vaikuttaa kiviainekseen ja erikoisesti täytejauheena käytettyyn kalkkikiveen. Korvaamalla kalkkikivifilleri haponkestävällä kvartsi- tai maasälpäfillerillä on helppoa valmistaa haponkestäviä päällysteitä. Vaikeammaksi tulee tilanne, jos päällysteelle tuleva aine vaikuttaa sideaineeseen ts. bitumiin. Bitumiin vaikuttavat ensisijassa orgaaniset liuottimet, polttoaineet kuten bensiini, petrooli, kaasuoily, erilaiset voiteluoilyt ja rasvat. Kuitenkin monin paikoin tarvittaisiin tällaisia voisimme ehkä sanoa yhteisnimellä öljynkestäviä päällysteitä. Heti alkuun on kuitenkin sanottava, että vaikeudet ovat suuret ja todella öljynkestäviä päällysteitä ei käsitykseni mukaan ole mahdollista valmistaa bitumista. Erilaiset markkinoilla olevat ratkaisut pohjautuvat yleensä siihen, että kivihiiliterva ja kivihiilitervan piki ovat jossain määrin vastustuskykyisempiä mineraaliöljyjä vastaan kuin bitumi.

Tavallinen asfalttipäällyste voidaan jossain määrin suojata tämänkaltaisilta aineilta esimerkiksi tervalietteellä, jossa terva on lisätty sopivia keinokumi- tai muovilaatuja tai peittämällä päällysteen pinta muoveja, sementtiä ja hiekkaa sisältävällä ohuella laastilla, joka jossain määrin tunkeutuu päällysteen huokosiin tavallisimmat ratkaisut mainitakseni.

### 4. VÄRILLISET PÄÄLLYSTEET

Monestakin syystä voidaan toivoa asfalttipäällysteen väriä vaaleammaksi tai jopa kokonaan värilliseksi. Halutaan liikenneteknillisistä syistä erottaa joku kaista toisista kais- toista tai valaistusteknillisistä syistä halutaan vaalea päällyste tai arkkitehtoonisista syistä toivotaan ympäristöön



paremmin sopivaa väriä jne.

Tätä kysymystä voimme lähteä ratkomaan kahdella eri tavalla. Asfalttipäällysteiden massasta 9/10 ja ylikin on kiviainesta ja siten kiviaineksen väri antaa oman huomattavan sävynsä valmiin päällysteen väriin. Käytettäessä puhtaanvalkoista kiviainesta tulee päällyste kuluessaan hyvin vaaleaksi. Kuluminen kohdistuu luonnollisesti ensisijassa ajoraitteisiin ja näin vähemmän liikennöidyt kohdat jäävät tummemmiksi. Riittävän valkoisia luonnonkiviaineksia on suhteellisen rajoitetusti saatavissa ja siksi tällaisia kiviaineksia valmistetaan keinotekoisesti. Luonnollisesti valkoinen kiviaines on huomattavasti kalliimpaa kuin tavallinen kiviaines ja näin aiheutuu valkoisen kiviaineksen käytöstä taas kustannuslisiä. Valkoisen kivimateriaalin säästämiseksi on kehitetty erilaisia pintauksia ts. valkoista kiviainesta on käytetty sirotteena, mutta eittämättä paremmat tulokset saavutetaan sekoittamalla valkoinen kiviaines massaan.

Toinen tie valmistaa värillisiä päällysteitä on pyrkiä värjäämään sideaine sopivilla väripigmenteillä. Mutta on helppo ymmärtää, että tumma bitumi vaatii huomattavia pigmenttimääriä toivotun värisävyn saamiseksi ja yleensäkin vain tummat sävyt ovat mahdollisia, ts. bitumin värjääminen väripigmenteillä on hankalaa ja kallista. On olemassa ns. albiinobitumeja, jotka värjäytyvät vähäisillä pigmenttimäärillä ja joista voidaan myös valmistaa vaaleansävyisiä päällysteitä. Valitettavasti albiinobitumit ovat kalliimpia ja niiden säänkestävyys huomattavasti heikompi kuin tavallisten bitumien, joten tällaiset päällysteet eivät ole suurempaa merkitystä saavuttaneet. Aivan viime vuosina on Saksassa suoritettu mielenkiintoisia kokeita, joissa albiinobitumien säänkestävyyttä on parannettu Trinidad Epuré-lisällä ja näin saatu suhteellisen kestäviä värillisiä päällysteitä.

Pyrittäessä valmistamaan kirkasvärisiä päällystemassoja, joita käytetään esimerkiksi erilaisissa liikennemerkinnöissä onkin sen vuoksi yhä enemmän siirrytty synteettisiin muovipohjaisiin merkintämassoihin, joilla vaalea värisävy on halvemmallalla saavutettavissa. Muovien kalliin hinnan vuoksi ei



näillä materiaaleilla kuitenkin ole merkitystä laajempien pintojen päällystystöissä ja muovipäällysteet lienevätkin jo aiheemme ulkopuolella.

TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

DIPL.INS. JARMO IKONEN

IX PÄÄLLYSTYSTYÖKUSTANNUKSET



## IX PÄÄLLYSTYSTYÖKUSTANNUKSET

Esitykseni alkuosa käsittelee asfalttipäällysteen hinnan muodostumista eri tekijöistä noudattaen v. 1971 hintata-soa. Loppuosa esityksestäni tarkastelee tie- ja vesiraken-nushallituksen teettämien tienpäällystysurakoiden yksik-köhintoja ja niihin vaikuttavia tekijöitä v. 1968 tehdyn tutkimuksen ja tehtyjen lisäselvitysten pohjalta.

### 1. ASFALTTIPÄÄLLYSTEEN HINNAN KOOSTUMINEN ERI TEKIJÖISTÄ

Yksittäiset päällystystyöt poikkeavat toisistaan hyvin pal-jon ulkoisilta puitteiltaan, esimerkiksi kiviaineksen saan-timahdollisuudet, työn maantieteellinen sijainti, sekoitus-aseman ja päällystyskohteen välinen etäisyys ja monet muut muuttuvat tekijät ovat eri töissä aivan erilaiset. Näin ol-len kustannuskysymykset muodostuvat ratkaisevasti tapauk-sesta riippuviksi, vaikkakin esimerkiksi jo päällystetyypin valinta antaa usein selvän suunnan kustannusten muodos-tumiselle.

Kustannukset, joista päällysteen hinta koostuu, voidaan ryh-mitellä seuraavasti:

#### 1.1 Palkkakustannukset

##### 1.11 Työnjohto

Päällystystyömaalla on 1-vuorotyössä yleensä kaksi rakennus-mestaria, joista toinen toimii vastaavana rakennusmestarina. Rakennusmestarien palkka on yleensä 1600-2200 markkaa kuu-kaudessa, lisäksi tulevat päivärahat. Työnjohtajia on ta-vallisesti niinikään kaksi, toinen koneasemalla ja toinen levityspaikalla. Palkat ovat noin 1000-1300 markkaa kuukau-dessä, lisäksi maksetaan päivärahaa.

##### 1.12 Työntekijät

Tavallisesti työkunta levityspaikalla maantietöissä käsittää 6 miestä: Perämiehen (työnjohtajan) lisäksi levittimen kul-jettajan, 2 jyrämiestä, kolamiehen ja pistomiehen, joiden palkat vuoden 1971 työehtosopimuksen mukaan ovat paikkakun-taluokasta riippuen 4,19-4,64 markkaa tunnilta. Tuntipalkan

lisäksi maksetaan ns. tuotantopalkkio, jonka suuruus on riippuvainen päällystetystä neliömetrimäärästä ja neliömetrille levitettävästä massamäärästä, mutta ei työkunnan suuruudesta, jonka edellytetään olevan käytettävien koneiden ja työkohteiden laadun mukainen. Tuotantopalkkio saat-  
taa lisätä työntekijän tuntiansiota 2-3 markkaa. Sekoitus-  
asemalla on tavallisesti 2 konemiestä, joiden palkka työ-  
ehtosopimuksen mukaan on I paikkakuntaluokassa 4,87 mark-  
kaa tunnissa + tuotantopalkkiot.

## 1.2 Ainekustannukset

### 1.21 Sideaine

Sideaineiden hinnat kuluvana vuonna ovat seuraavat:

Bitumi 17,13 p/kg, bitumiliuokset (paitsi BL-0) 17,71 p/kg  
ja tieöljy 9,96 p/kg.

Vuonna 1972 on odotettavissa voimakas sideaineiden hinnan-  
nousu, joka tulee olemaan 30 %:n luokkaa, toisin sanoen bi-  
tumikilon hinta vuonna 1972 lienee 22-23 p/kg.

### 1.22 Kalkkifilleri

Kalkkifillerin hinta on nykyään liikevaihtoveroineen irtotavarana noin 38 mk/t ja säkitettynä noin 44 mk/t vapaasti autossa tai rautatievaunussa. Edellä mainituista hinnoista voi saada valmistajasta riippuen erilaisia paljous-, suur-  
ostaja- tai vuosialennuksia 0-10 %.

### 1.23 Kiviaines

Tie- ja vesirakennuslaitoksen tienpäällystysurakoissa luovuttaa rakennuttaja yleensä urakoitsijan käyttöön valmiiksi murskatun päällystekiviaineksen. Kiviaines on murskattu laitoksen omalla kalustolla tai murskausurakoitsijan toimesta. Tilastojen mukaan oli omien murskaustöiden siirtokustannukset, korjauskustannukset, leukakustannukset, huoltokustannukset, palkkakustannukset ja voimakustannukset vuonna 1970 yhteensä keskimäärin  $2,43 \text{ mk/i-m}^3$ . Urakoitsijan murskaamien SAb-lajitteiden siilohinta on ollut noin  $3,50 \text{ mk/i-m}^3$  ja Ab-lajitteiden siilohinta noin  $5,50 \text{ mk/i-m}^3$ . Lisäämällä edellä mainittuihin hintoihin raakakiviaineksen hinnan, kuljetuskustannukset, sekoitusasemapaikan kunnostuskustannukset ja vuokran, omien töiden osalta pääomakustannukset ja hallintokustannukset sekä muut mahdolliset kustannuserät, voidaan esittää kiviaineksen hankinnan ko-



konaiskustannuksiksi asfalttitöissä keskimäärin seuraavat: murskesora 7 mk/1-m<sup>3</sup> ja sepeli noin 11-13 mk/i-m<sup>3</sup>. Tällöin kiviaines on valmiina varastokasassa kuormattavaksi syöttösiiloihin. Kiviaineskustannukset vaihtelevat luonnollisesti huomattavasti eri puolilla maata.

#### 1.24 Polttoöljy

Kiviainesta kuivausrummussa kuivattaessa kuluu polttoöljyä yleensä 6-16 l/massatonni. Keskimääräisenä arvona voidaan pitää 10 l/massatonni. Menekki riippuu kiviaineksen kosteudesta ja massan valmistustehosta. Tarkoitukseen käytettävän polttoöljyn myyntihinta suurostajalle on nykyään noin 18-19 p/l ilman rahtia.

#### 1.25 Poltto- ja voiteluaineet

Mikäli sekoitusasemalle saadaan sähkövirtaa, tarvitaan poltto- ja voiteluaineita vain työkoneisiin. Mikäli aggregaattia tarvitaan käyttövirran saamiseksi, aiheutuu tästä noin 12 mk:n kustannuserä tunnissa 60 litran polttoainekulutuksen mukaan laskettuna.

#### 1.26 Tartuke

Diamiini, BLS-tartuke, maksaa vuonna 1971 3,43 mk/kg liikevaihtoveroineen tullattuna Turussa. Öljysoratartuke R-Amin ST 3910, joka on Raision tuote, maksaa 3,10 mk/kg liikevaihtoveroineen vapaasti Raisiossa. Tie- ja vesirakennushallituksen urakoissa tartukkeen hankkii rakennuttaja.

### 1.3 Kuljetuskustannukset

#### 1.31 Sideaine

Sideaineen kuljetukset hoitaa yleensä Nestepalvelu Oy. Yksikkörahdit on jaettu kahteen luokkaan kuljetusauton kokonaishyötykuorman mukaan. Seuraavassa otteita rahtitaulukosta (I lk) v. 1971: 100 km = 1,27 p/kg, 200 km = 2,09 p/kg ja 500 km = 4,65 p/kg.

Neste Oy:n bitumeja on nykyään saatavissa Naantalista, Sköldvikistä ja Tuirasta, bitumiliuosta Naantalista ja tieöljyä Naantalista, Haminasta, Kokkolasta ja Kemistä.

#### 1.32 Kalkkifilleri

Kestopääallysteissä käytettävää kalkkifilleriä on saatavissa ainakin Lohjan Kalkkitehdas Oy:ltä Virkkalasta, Paraisten



Kalkki Oy:ltä Paraisista, Lappeenrannasta ja Loukolamelta sekä Ruskealan Marmori Oy:ltä Kerimäeltä. Kuorma-auto- ja junakuljetuksia käytetään kalkkifillerin kuljetuksessa työmaille. Keskimääräiseksi rahtikustannukseksi muodostuu 0,12-0,13 mk/t x km.

### 1.33 Asfalttimassa

Asfalttimassan kuljetukseen koneasemalta levityspaikalle käytetään kuorma-autoja. Kuorma-autoilijoille maksettavat kuljetustaksat noudattanevat kuorma-autoilijain ansiotason tutkimustoimikunnan 1967 mietinnön kuljetusmaksuja, joita on viimeksi tarkistettu syksyllä 1970. Tonnimaksu on 1/2 kilometriin saakka 0,47 mk/t, välillä 0,5-1,0 km se on 0,63 mk/t, välillä 2-3 km se on 1,00 mk/t. Tästä eteenpäin nousu on 14-17 p/t/km.

### 1.34 Kaluston siirto

Kaluston siirtokustannukset ovat riippuvaisia siirtomatkaa ja siirrettävästä kalustosta. Urakoitsija esittää kaluston siirtokustannus- ja koneaseman perustamiskustannukset urakkatarjouksessaan yhtenä lukuna, joka yleensä vaihtelee välillä 4.000 - 20.000 mk.

### 1.35 Kiviaineksen kuormaus

Päällystekiviaineksen siirtäminen varastokasasta syöttösiiloihin annetaan tavallisesti aliurakoitsijan tehtäväksi. Pyöräkuormaajan tuntipalkka tässä työssä on yleensä 18-30 mk/h.

### 1.36 Huoltoajot

Huoltoajojen määrä riippuu tapauksesta. Joskus joudutaan ehkä pitämään yksi kuorma-auto tuntiajossa jatkuvasti, usein kaikki huoltoajot voidaan suorittaa massankuljetusautoilla ilman eri kustannuksia.

## 1.4 Pääomakustannukset

### 1.42 Koneiden korot ja kuoletukset

Pääomakustannukset muodostuvat varsin korkeiksi kalliita koneita vaativalla asfalttialalla. Asfalttiasemien (90-100 ton/h) hinnat uutena ovat merkistä ja varusteista riippuen noin 600.000 - 900.000 mk. Tietöihin soveltuvat levittimet maksavat noin 140.000 mk. Valssijyrä maksaa 45.000 - 65.000 mk ja kumipyöräjäyrä 60.000 - 70.000 mk. Havaitaan, että asfalt-



tiaseman, levittimen ja kahden jyrän hankintahinnat uute-  
na lähentelevät miljoonaa markkaa taikka ylittävät sen.

Koneiden ja koneistojen käyttöiäksi poistoja määritettäessä on sopivaa laskea 5 vuotta, joskin sekoitusasemien käyttöikä maassamme on tavallisesti enemmän. Toisaalta tekni-  
nen vanheneminen lyhentää koneiden käyttöikää. Viiden vuo-  
den käyttöiän mukaan muodostuu miljoonan markan kaluston  
vuotuiseksi poistoksi 200.000 markkaa. Keskimääräisen pää-  
omasijoituksen osuus hankintahinnasta samoin kuin laskelmis-  
sa käytettävä korkokanta riippuvat koneistojen hankkijasta.  
Koneistoihin tarkoitetun pankkilainan korko on vuonna 1971  
8-10 %.

#### 1.42 Vakuutukset

Työntekijöiden tapaturmavakuutus on pakollinen. Asfaltti-  
toissa käytetään myös palovakuutuksia ja vastuuvakuutuksia.  
Muut vakuutukset ovat harvinaisia.

#### 1.43 Vakuudet

Tie- ja vesirakennuslaitos vaatii vuonna 1971 urakoitsijal-  
ta tarjousvakuuden suuruudeltaan 2 %, vakuuden mahdollisen  
ennakkomaksun takaisinmaksamisesta suuruudeltaan 5 %, työn-  
aikaisen vakuuden suuruudeltaan 10 % ja takuuajan vakuuden  
suuruudeltaan 3 % urakkahinnasta. Pankki- ja vakuutuslaitok-  
set perivät vakuuksista niiden voimassaoloajalta provision,  
joka on yleensä 0,3-1,0 %.

### 1.5 Muut kustannukset

#### 1.51 Työmaakonttori

Työmaakonttorin kuluja ovat esimerkiksi puhelin- ja kont-  
toritarvikekulut ja kirjurin palkka. Täten työmaakonttorin  
kulut edustavat kohtalaisen pientä kustannuserää.

#### 1.52 Keskuskonttori

Keskuskonttorin kulut, voitaisiin sanoa myös hallintokulut,  
merkitsevät varsin suurta kustannusosuutta jo siinäkin ta-  
pauksessa, että kysymyksessä on pieni yritys. Keskuskont-  
torin kulut koostuvat siellä olevasta henkilökunnasta ai-  
heutuvista kustannuksista, konttorikalustosta, vuokrista,  
pääomakustannuksista yms.

#### 1.53 Koneiden korjaukset



Yksittäisen päällystysurakan kohdalla ei ole mielekäästä esittää koneiden korjauksista kustannuserää, vaan korjaus- ja huoltokustannuksia tarkasteltaessa täytyy liikkua pidemmän ajan, esimerkiksi yhden vuoden puitteissa. Koneiden talvikorjauskustannukset ovat 10-20 % hankintahinnasta, mikäli niistä pidetään hyvää huolta.

#### 1.54 Laboratoriot

Laboratoriokustannukset koostuvat työmaan laboratorion aiheuttamista kustannuksista ja valtion teknillisen tutkimuslaitoksen poranäytetutkimusten aiheuttamista kustannuksista. Työmaalaboratorion kustannukset koostuvat laitteiden pääomakustannuksista, ainekustannuksista ja laborantin palkasta. Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen poranäytetutkimusten hinnat ovat kesällä 1971 seuraavat: Kaistanäyte normaalein tutkimuksin 168 mk, kaistanäyte normaalitutkimuksin stabiliteetin kanssa 192 mk, saumanäyte 28 mk ja BSk-näyte 120 mk. Paljousalennus on 15 %, jonka saavat yleensä ainakin ne urakoitsijat, jotka tekevät töitä tie- ja vesirakennushallitukselle. Myös näytteiden poraamisesta aiheutuu kustannuksia.

#### 1.55 Sähkö

Mikäli sekoitusasemalla tai sen välittömässä läheisyydessä on voimalinja, käytetään sitä voiman lähteenä mieluummin kuin aggregaattia. Sähkön kulutus on tällöin keskimäärin 1,5-2,5 kWh/massatonni. Kilovattitunnin hinta on paikkakunnasta riippuen 5-20 penniä. Lisäksi saattaa tulla alkukustannuksena linjanvetokustannukset.

#### 1.56 Sosiaalikulut

Sosiaalikulut ovat nykyään noin 27 % varsinaisista palkoista. Sosiaalikulujen erittely on seuraava: a) vuosilomapalkka tai -korvaus 7,2 %, b) sairausajan palkkakustannukset 0,8 %, c) itsenäisyyspäivän palkka 0,3 %, d) tapaturmavakuutusmaksu 3,40 %, e) työttömyysvakuutusmaksu 0,40 %, f) vapaa-ajan tapaturmavakuutusmaksu 0,06 %, g) työnantajan sosiaaliturvamaksu 7,25 %, h) eläkevakuutusmaksu 6,00 %, i) työmarkkinajärjestöjen jäsenmaksu 0,40 %. Kohtien a), b) ja c) summa on 8,3 %. Jos työntekijän palkka on 100, on palkka + a) + b) + c) 108,3. Luvusta 108,3 lasketaan kohdat d)....i), joiden summa on 17,51 %. Sosiaalikulut varsinaisista palkoista ovat täten  $8,30 \% + \frac{17,51 \times 108,3}{100} = 27,26 \%$ .



1.57 Sekalaiset kulut

Sekalaisiin kuluihin kuuluvat tarkemmin erittelemättömät menot, jotka eivät kuulu mihinkään muihin aiemmin esitettyihin ryhmiin.

## 2. LASKUESIMERKKI ASFALTTIPÄÄLLYSTEEN YKSIKKÖHINNAN MUODOSTUMISESTA

Edellä esitettyjen kustannusryhmien suuruuksien havainnollistamiseksi esitetään laskelma asfalttipäällysteen yksikköhinnan muodostumisesta.

Työstä oletetaan seuraavaa:

- päällystetyyppi SAB 20/120
- bitumin ohjearvo 5,8 %, kalkkifillerin ohjearvo 4,0 %
- päällystettävän tieosan pituus 12 km (90.000 m<sup>2</sup>)
- sijainti Helsingin mlk
- keskimääräinen massankuljetusmatka 4 km
- voimalinja ja muuntaja koneasemalla
- tehdään yksivuorotyönä (10 tunnin työpäivä)

Mainituilla ohjearvoilla massatonnin kokoomus on seuraava: murskesoraa 904,3 kg, kalkkifilleriä 37,7 kg ja bitumia 58,0 kg. Massatonnista saadaan päällystettä 1.000 kg : 120 kg/m<sup>2</sup> = 8,3 m<sup>2</sup>.

Työssä käytetään 100 ton/h:n sekoituskonetta, jolloin keskimääräiseksi tuntitehoksi saadaan noin 70 ton/h. Koko valmistettava massamäärä on 11.000 tonnia, joten työ kestää 11.000 ton : 700 ton/työpäivä = 16 työpäivää eli yhden kalenterikuukauden koneaseman pystytyksineen.

Yksikköhinta muodostuu seuraavasti:

a) M u r s k e s o r a - Murskesoran hinta kaikkine kustannuksineen varastokasassa 7,00 mk/m<sup>3</sup> eli 4,58 mk/ton. Murskesoran osuus yksikköhinnasta 0,9043 ton x 4,58 mk/ton : 8,3 m<sup>2</sup> = 0,50 mk/m<sup>2</sup>.

b) K a l k k i f i l l e r i - Irtokalkkifilleri Lohjan tehtaalle 38 mk/ton, kuljetus 75 km 9 mk/ton eli yhteensä 47 mk/ton. Kalkkifillerin osuus yksikköhinnasta 0,0377 ton x 47 mk/ton : 8,3 m<sup>2</sup> = 0,21 mk/m<sup>2</sup>.

c) S i d e a i n e - Bitumin hinta Sköldvikissä 17,13 p/kg, rahti 50 km 0,83 p/kg eli yhteensä 17,96 p/kg. Sideaineen osuus yksikköhinnasta 58 kg x 0,1796 mk/kg : 8,3 m<sup>2</sup> = 1,26 mk/m<sup>2</sup>.

d) A s f a l t t i m a s s a n k u l j e t u s - Kuljetus 4 km tonnilta 1,15 mk eli neliometriä kohti 1,15 mk : 8,3 m<sup>2</sup> = 0,14 mk/m<sup>2</sup>.

e) P a l k k a - j a s o s i a a l i k u s t a n n u k - s e t - Palkat kuukauden ajalta: 1 rakennusmestari 2.100 mk, 2 työnjohtajaa 2.600 mk, 8 miestä 8.000 mk, sosiaalikulut 27 % 3.430 mk, päivärahoja 210 pv. keskimäärin á 22 mk eli 4.620 mk. Yhteensä 20.750 mk eli neliometriä kohti 20.750 mk : 90.000 m<sup>2</sup> = 0,23 mk/m<sup>2</sup>.

f) K i v i a i n e k s e n k u i v a t u s - Polttoöljyn keskimääräinen menekki 10 l/massatonni. Polttoöljyn hinta kuljetuksineen 18 p/l. Kiviaineksen kuivatuksen osuus yksikköhinnasta 10 l/ton x 0,18 mk/l x 11.000 ton : 90.000 m<sup>2</sup> = 0,22 mk/m<sup>2</sup>.

g) K i v i a i n e k s e n k u o r m a u s - Kuormaaajan tuntipalkka 22 mk/h. Kiviaineksen kuormauksen osuus yksikköhinnasta 22 mk/h x 10 h x 20 : 90.000 m<sup>2</sup> = 0,05 mk/m<sup>2</sup>.

h) S ä h k ö - Sähkön kulutus noin 2 kWh/massatonni. Jos kWh:n hinta on 10 p, saadaan sähkön osuudeksi yksikköhinnasta 2,0 kWh/ ton x 0,10 mk/kWh x 11.000 ton : 90.000 m<sup>2</sup> = 0,02 mk/m<sup>2</sup>.

i) K o n e i d e n k o r j a u s j a h u o l t o - Lasjetaan korjaukseen ja huoltoon 10 % koneiden hankintahinnasta vuodessa eli 90.000 mk/v. Kun päällystyskauden pituus on 5 kk, saadaan korjaus- ja huoltokuluiksi 18.000 mk/kk. Korjausten ja huollon osuus yksikköhinnasta on 18.000 mk : 90.000 m<sup>2</sup> = 0,20 mk/m<sup>2</sup>.

j) L i i k e n t e e n o h j a u s - Palkat, radiopuhelimet, liikennemerkkit yms. noin 0,02 mk/m<sup>2</sup>.

k) T y ö m a a l a b o r a t o r i o + V T T : n p o r a - n ä y t e t u t k i m u k s e t - Noin 0,06 mk/m<sup>2</sup>, labo-



rantin palkkaus laskettu kohtaan e.

l) P e r u s t a m i s k u s t a n n u k s e t - Perustamiskustannus 6.000 mk, jonka osuus yksikkö hinnasta 6.000 mk :  $90.000 \text{ m}^2 = 0,07 \text{ mk/m}^2$ .

m) S e k a l a i s e t k u l l u t - Työmaatoimisto, sekoi-tusasema-alueen vuokra, huolto ym.  $0,05 \text{ mk/m}^2$ .

n) P ä ä o m a k u s t a n n u k s e t -  
Korot (8 %) ja kuoletukset:  $\frac{108}{100} \times \frac{1}{5} \times 9.000.000 \text{ mk} \times \frac{1}{5} :$   
 $90.000 \text{ m}^2 = 0,43 \text{ mk/m}^2$ . Vakuudet ja vakuutukset noin  $0,02 \text{ mk/m}^2$ , jolloin pääomakustannukset ovat yhteensä  $0,45 \text{ mk/m}^2$ .

Yhteenlaskemalla saadaan Sab 18/120-päällysteen yksikkö hin-naksi  $3,48 \text{ mk/m}^2$ . Yksikkö hinta ei sisällä keskuskonttoriku-luja eikä yrittäjävoittoa. Yllä olevassa laskelmassa ei ole otettu huomioon ainehäviöitä eikä hukkamassoja.

### 3. TUTKIMUS ASFALTTIPÄÄLLYSTEIDEN HINNANMUODOSTUKSEEN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ TIE - JA VESIRAKENNUSHALLI- TUKSEN URAKOISSA VUOSINA 1961-1967

Seuraavassa tarkastellaan tie- ja vesirakennushallituksen teettämien tienpäällystysurakoiden yksikkö hintoja vuonna 1968 tehdyn tutkimuksen valossa vuosien 1961-1967 osalta sekä myöhempien vuosien osalta jälkeempinä tehtyjen li-säselvitysten valossa. Missään jäljempänä esitettävissä yk-sikkö hintavertailuissa ei ole otettu huomioon rahanarvon muuttamista.

Suoritettuun tutkimukseen pyrittiin saamaan mukaan kaikki keskushallinnon teettämien urakoiden tieosat. Tiedot löy-tyi 504 tieosasta. Kustakin päällystetystä tieosasta koot-tiin suunnitellulle lomakkeelle yksikkö hinnann lisäksi tie-dot 25 sellaisesta muuttujasta, jotka vaikuttivat tai saat-toivat vaikuttaa yksikkö hinnann muodostumiseen. Yksikkö hin-tojen ja mainittujen muuttujien riippuvuussuhteiden selvit-täminen oli tutkimuksen ensisijainen tarkoitus. Lisäksi tutkittiin muuttujien omien lukuarvojen jakautumia päällys-tetyypeittäin, vuosittain, piireittäin ja urakoitsijoittain sekä kokonaisjakautumina. Seuraavassa esitetään eräitä tut-kimustuloksia lyhyesti.

Yleisimpien päällystystyyppien yksikköhinnat tvh:n teettämissä tienpäällystysurakoissa vuosina 1961-1970 olivat seuraavat:

Päällystetyyppi	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Ab 15-20/100	3,03	3,05	3,04	3,03	2,86	2,43	3,51	3,71	3,48	2,75
SAb 15-20/100		3,06	3,06	3,09	3,34	2,59	3,74	3,65	3,55	2,73
SAb 15-20/120		3,45	3,36	3,51	3,54	2,91	4,31	4,30	4,24	3,32
BSk 30/150			2,83	3,36	3,55	2,74	4,29	4,19	4,28	3,22

Kiviaines rakennuttajan luovuttama paitsi v. 1967, jolloin kiviaineksen hankinta yleensä sisältyi urakoihin.

Kuusikymmenluvun alkupuolella yksikköhinnat päällystetyypeittäin pysyivät markkamääräisesti hyvin tasaisina. Vuonna 1966 hintataso oli poikkeuksellisen alhainen ja vuonna 1967 päällysteiden hinnat olivat varsin korkeat. Syynä vuoden 1966 halpaan hintatasoon oli päällystystyömäärän huomattava pieneneminen edelliseen vuoteen verrattuna, mistä aiheutui kilpailun kiristyminen varsinkin, kun ulkomaiset yrittäjät pyrittiin pitämään poissa markkinoilta. Vuoden 1967 hintataso oli taas korkeampi ehkä siitä syystä, että ulkomaiset urakoitsijat oli saatu pois kotimaan kilpailusta. Toisena syynä vaikutti edellisen vuoden huonotuottoiset työt.

Yksikköhintojen vuosivaihtelusta esimerkkinä on kuvassa 1 päällystetyypin SAb 18/120 yksikköhintajakautumakäyrät vuosina 1963-67. Vuosina 1968 ja 1969 päällysteiden hintataso pysytteli kutakuinkin samanlaisena.

Vuodesta 1969 lähtien on tierakennusosastolla laskettu ns. "päällystystöiden kustannusindeksi" pitäen vertailukohtana vuoden 1969 tarjoushintoja. Jokaisen päällystetyypin tarjoushinnat on työn laajuuden ( $m^2$ ) mukaan ryhmitelty kolmeen ryhmään. Tämän jälkeen on kunkin ryhmän keskiarvohintaa verrattu vuoden 1969 vastaavaan keskiarvohintaan. Lopullinen indeksi on saatu painottamalla kunkin ryhmän vertailulukua ko. ryhmän edustamalla rahamäärällä. Indeksien arvot ovat seuraavat: 1969 100,0, 1970 74,0 ja 1971 88,7.



IX/71

Havaitaan, että hintataso v. 1970 putosi 26,0 % edellisen vuoden hintatasoon verrattuna. Hintatason halventumisen syyksi voidaan esittää kiristynyt kilpailu uusien yrittäjien ilmaannuttua markkinoille sekä lähestyvä kansainvälinen urakkakilpailu. Vuoden 1971 päällystystöistä suurin osa oli kansainvälisen urakkakilpailun alaisia.

Yksikköhintojen vaihteluista tvl:n eri piireissä SAB 18/120:n osalta saa käsityksen kuvasta 2. Syinä siihen, että yksikköhinnat yleensäkin kasvavat siirryttäessä Itä- ja Pohjois-Suomeen on mm. sideaineen ja kalkkifillerin kuljetuskustannusten kasvu sekä koneasemien siirtokustannusten kasvu.

Tutkimustuloksista on löydettävissä joukko hinnanmuodostustekijöitä, joiden vaikutus on ilmennyt siten, että yksikköhinta on noussut näiden tekijöiden lukuarvon kasvaessa. Näitä ovat sideaineen ohjeprocentti, sideaineen kuljetuskustannukset, sideaineen kokonaiskustannukset, fillerin kokonaiskustannukset ja massankuljetusmatka, joskaan viimeksi mainitun riippuvuus yksikköhinnasta ei ole varsin selvä. Käytännössä yksittäisessä päällystystyössä kaikkien lueteltujen tekijöiden lukuarvon kasvaminen lisää työn kustannuksia.

Eräät hinnanmuodostustekijät ilmenevät tutkimustuloksissa siten, että yksikköhinta pieneni tekijän lukuarvon kasvaessa. Tällaisia olivat sekoitusaseman nimellisteho joskin lievästi havaittavasti, ja sekoitusasemalla valmistettu kokonaismassamäärä (kuva 3).

Muutamat tekijät, jotka käytännössä varmasti vaikuttavat kustannuksiin, käyttäytyivät siten, että tulosten perusteella ei voida saada selvyyttä yksikköhinnan ja ao. tekijän riippuvuudesta. Nämä olivat sekoitusaseman etäisyys voimalinjasta, liikenteen kulku päällystettävällä tiellä työn aikana ja päällystysajankohta (kevätpäällystys, kesäpäällystys, syyspäällystys). Sopimussakkoprocentille ja arvonalennusprocentille ei voitu löytää korrelaatiota yksikköhinnan kanssa.

### 3.1 Jakautumatuloksia

Määräjakautumatuloksista esitetään tässä yhteydessä eräitä. Massankuljetusmatkan jakautuma koko tutkimusaineistolle on esitetty kuvassa 4. Käyrästä havaitaan, että lyhyitä, alle 3 km:n massankuljetusmatkoja on ollut 20 % aineistosta ja



puolet kuljetusmatkoista on ollut lyhyempiä kuin 7 km. Muutamista erittäin pitkistä sekoitusaseman ja päällystyskohteen välisistä etäisyyksistä johtuen massankuljetusmatkojen keskiarvo on 9 km.

Vuosina 1961-1967 päällystettyjen tieosien neliömetrijakautuma on esitetty kuvassa 5. Puolet työkohteista on ollut kooltaan pienempiä kuin  $54.000 \text{ m}^2$ , keskiarvo taas on  $69.000 \text{ m}^2$ , joten eräät erittäin suuret työt nostavat tässäkin tapauksessa keskiarvoa.

Hukkamassaprocenttien keskiarvo koko tutkimusaineistolle oli 1,3 %. Eri päällystetyyppien hukkamassa-alttiudelle ei saatu mainittavaa eroa.

Tasausmassan käytön  $\text{kg/m}^2$ -jakautuma on esitetty kuvassa 6. Tasausmassan keskimääräisistä menekeistä todettiin, että vanhojen päällysteiden kulutuskerroksia uusittaessa on tasausmassan menekki ollut noin  $50 \text{ kg/m}^2$ , kun taas uusien rakennettavien teiden tasausmassamenekki on ollut noin  $30 \text{ kg/m}^2$ .

Keskimääräinen arvonalennusprosentti on ollut 0,8 %. Sopimussakon ja arvonalennusten määrä riippuvat paljolti urakoitsijasta, joskin Ab- ja etenkin HAB-päällysteissä arvonalennusprosentilla on taipumus muodostua keskimääräistä arvoa suuremmaksi.

Urakoitsijakohtaiseen vertailuun ei tässä yhteydessä paneuduta, mutta todetaan, että samalla urakoitsijalla on yleensä joko hyvät tai huonot arvot kaikissa seuraavissa tutkimustuloksissa: Hukkamassaprocentti, sopimussakkoprocentti ja arvonalennusprocentti.

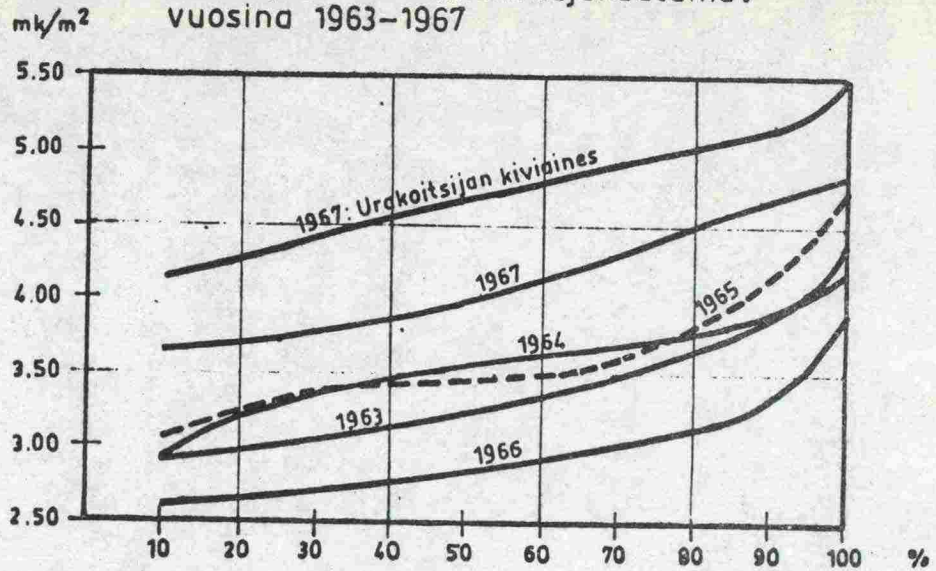
#### Kirjallisuutta:

- Asfalttialan työehtosopimus 1971-1972
- J.Ikonen: Asfalttipäällysteiden hinnanmuodostukseen vaikuttavista tekijöistä. Diplomityö 1968.
- J.Ikonen: Kuinka asfalttipäällysteen hinta muodostuu? Rakennustaito 4/1969.
- L.Weckström: Kylmäpäällysteiden hinnanmuodostukseen vaikuttavista tekijöistä. Licensiaattityö 1969.



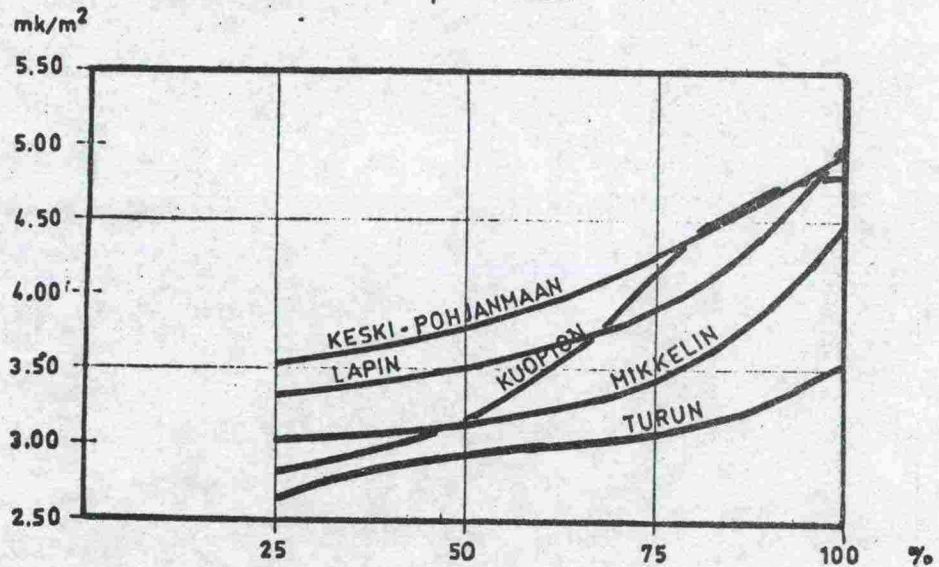
SAb 18/120: Yksikköhintajakautumat vuosina 1963-1967

Kuva 1



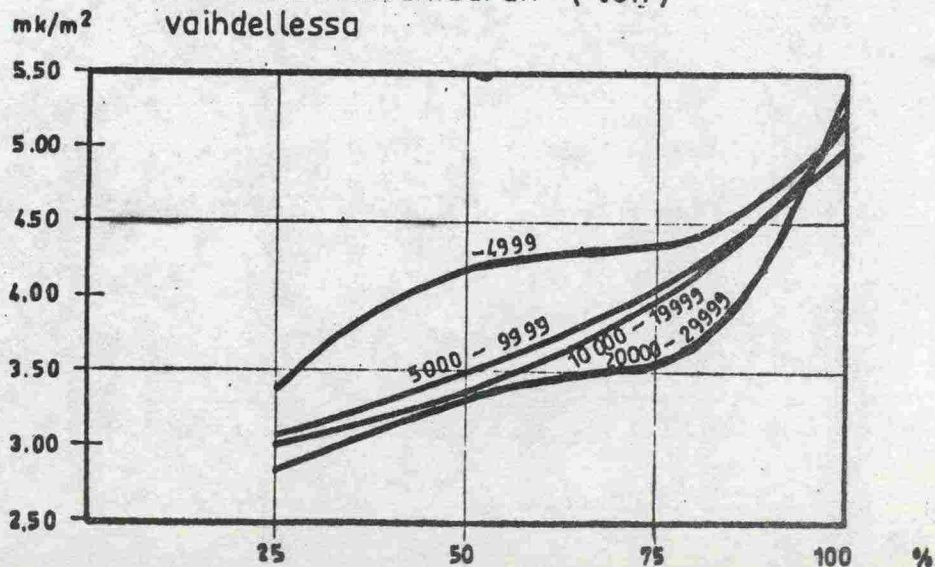
SAb 18/120: Yksikköhintajakautumat eräissä TVL:n piireissä

Kuva 2



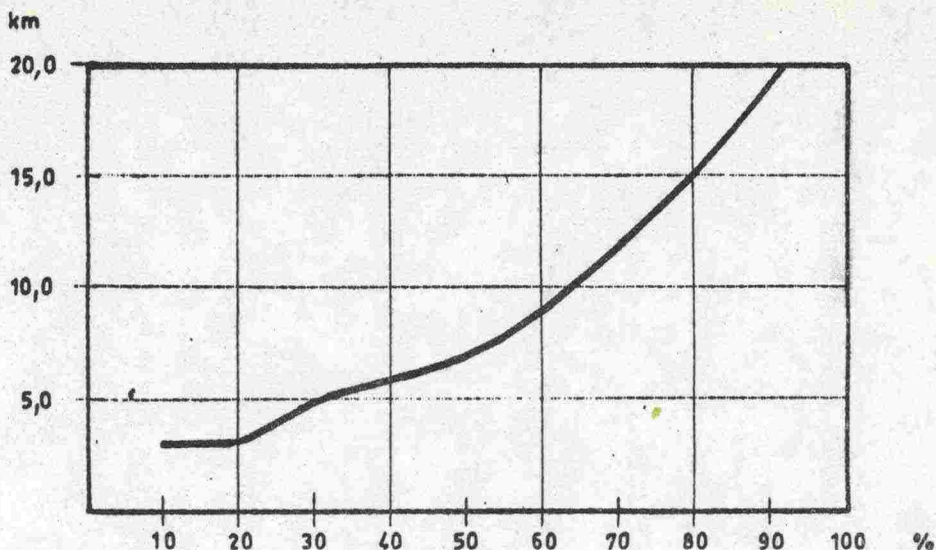
SAb 18/120: Yksikköhintajakautumat sekoitusasemalla valmistetun kokonaismäärän (ton) vaihdellessa

Kuva 3



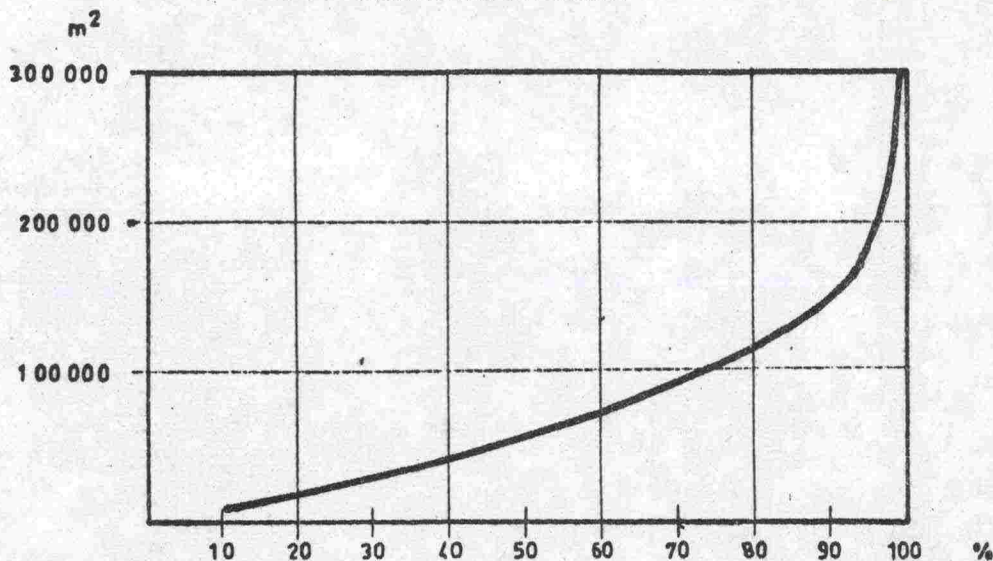
Massankuljetusmatkajakautuma,  
koko tutkimusaineisto

Kuva 4



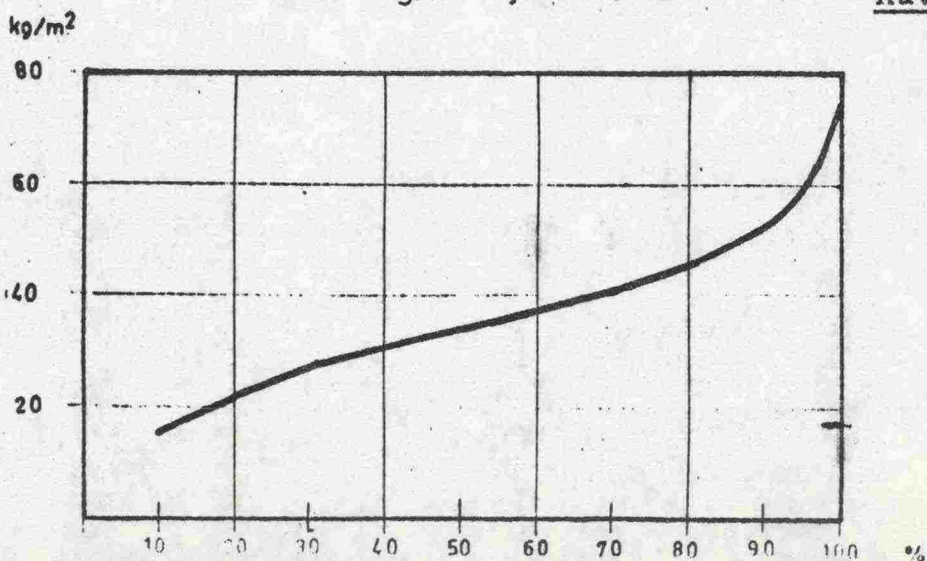
Työkohteiden neliömetrimäärjakautuma,  
koko tutkimusaineisto

Kuva 5



Tasausmassan  $\text{kg/m}^2$  - jakautuma

Kuva 6





TIENPÄÄLLYSTYSTEKNIikka

VANH.INS. TARMO SÄTERI

X TYÖMAAKOKOUKSET

## X TYÖMAAKOKOUKSET

## 1. YLEISTÄ

Asetus valtion rakennustöiden teettämisestä urakalla (29.6. 1961) ja kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriön päätös em. asetuksen soveltamisesta sekä yleiset sopimusehdot antavat yleiset puitteet urakkatyön valvonnalle. Niissä ei ole puututtu valvonnan yksityiskohtiin, vaan perussääntönä mainitaan: Rakennuttajan tulee valvoa, että urakoitsijan suoritus muodostuu sopimuksen mukaiseksi. Rakennuttajan ja urakoitsijan yhteydenpitomuotoina tunnetaan katselmuksset, työmaakokoukset ja neuvottelut. Katselmukselle on ominaista, että katselmuksen pitäjäksi määrätty henkilö tekee rakennuttajalle esityksensä katselmuspöytäkirjassa esitettyjen perustelujen pohjalta. Katselmustilaisuudessa ei tehdä päätöksiä. Työmaakokouksessa sen sijaan voidaan tehdä päätös pöytäkirjamerkintönä, mikäli rakennuttajan edustajalla on siihen valtuudet. Neuvottelutilaisuuksissa asioita valmistellaan. Siellä ei tehdä päätöksiä ja neuvottelusta laaditaan muistio. Työmaakokousta ja siihen liittyviä asioita tarkastellaan seuraavassa.

## 2. TYÖMAAKOKOUKSEN TARKOITUS

2.1 Työmaakokous on tärkeä urakoitsijan ja rakennuttajan välinen yhteydenpitomuoto.

2.2 Työmaakokoukseen pyritään saamaan kummaltakin osapuolelta sellaiset edustajat, joilla on valtuudet päätöksen tekoon epäselvissä asioissa. Jos päätösvaltaa ei ole, asia jätetään välittömästi ylemmälle tasolle ratkaistavaksi.

2.3 Työn alkukokouksessa selvitetään kummankin osapuolen organisatiot ja heidän valtuutensa. Yleiset sopimusehdot 42 §. Selvennetään urakoinnin "pelisääntöjä" kummallekin osapuolelle.



2.4 Pyritään ratkaisemaan epäselvät ja tulkinnanvaraiset teknilliset asiat ja niiden mahdollinen vaikutus kustannuksiin.

2.5 Helpotetaan urakatyön loppukatselmusta ja työn lopullista hyväksymistä.

2.6 Työmaakokouksella saattaa olla innostava vaikutus työn suorittajiin ja valvojiin. Työmaakokous ei kuitenkaan saa kerätä ratkaisemattomia asioita käsiteltäväkseen. Tällä menettelyllä heikennettäisiin valvojien toimintamahdollisuuksia.

2.7 Riitaisuuksien ennakkoehkäisy.

### 3. MILLOIN TYÖMAAKOKOUKSIA PIDETÄÄN

3.1 Työn alussa pidetään alkukokous. Se on aiheellista pitää kaikissa urakoissa aivan vähäisiä töitä lukuunottamatta.

3.2 Työn kestäessä säännöllisesti 2 - 3 viikon välein. Tällaisesta menettelystä sovitaan alkukokouksessa ja se tulee kysymykseen suurissa töissä.

3.3 Työn kestäessä rakennuttajan pyynnöstä. Tällöin rakennuttaja on todennut työssä puutteellisuuksia ja laiminlyönnejä, joita valvojat eivät ole saaneet poistetuiksi, tai työssä esiintyy muunlaisia epäselvyyksiä.

3.4 Työn kestäessä rakennuttajan pyynnöstä, jos tulee tehtäväksi muutos- tai lisätöitä.

3.5 Urakoitsijan pyynnöstä epäselvien asioiden johdosta.

### 4. MITÄ ASIOITA TYÖMAAKOKOUKSISSA KÄSITELLÄÄN

4.1 Yleisten sopimusehtojen 46 §:n mukaan työmaakokouksista on pidettävä pöytäkirjaa, jonka rakennuttaja ja urakoitsija

allekirjoittavat. Käsiteltävistä asioista tehdään asialista, joka ilmoitetaan ennen kokousta myös toiselle osapuolelle. Käsiteltävät asiat valmistellaan ennen kokousta.

#### 4.2 Alkukokous

- Todetaan lähtötilanne työtä aloitettaessa, rakennuttajan osuus työssä.
- Sopimuksen allekirjoitusaika, työnaikaisen vakuuden jättäminen rakennuttajalle.
- Rakennuttajan valvontaorganisatio ja valvojien valtuudet. Yleisten sopimusehtojen 42 §:n 2 ja 4 momentin mukaan valvojilla ei ole valtaa määrätä tai sopia muutoksista urakkaan.
- Vakuutukset, 4 §.
- Urakoitsijan vastuun selvittäminen, 6 § ja 2 §.
- Töiden aloittaminen. Alkukokous olisi pidettävä ennen töiden aloittamista, tällöin merkitään pöytäkirjaan urakoitsijan ilmoitus aloittamisajankohdasta.
- Urakoitsijan organisatio työmaalla, 40 §.
- Urakoitsijan työsuunnitelma, työaikataulu, työvoiman käyttösuunnitelma, mahdollinen vuorotyö, 16 §.
- Työssä käytettävät alaurakoitsijat, 2 § ja 7 §.
- Urakoitsijan työssä käyttämä kalusto ja sen hyväksyminen työssä käytettäväksi.
- Rakennuttajan laitteiden käyttäminen urakoitsijan työssä, 9 §.
- Pöytäkirjan allekirjoitus.
- Työmaakokousten pitäminen.
- Työmaapäiväkirja.

#### 4.3 Työnaikainen työmaakokous

Siinä voidaan käsitellä mm. seuraavia asioita edellisessä kohdassa mainittujen lisäksi.

- Muistutukset rakennussuorituksesta, 44 §.
- Virheellisyydet rakennuttajan antamissa tarvikkeissa ja määräyksissä, 9 §.
- Suunnitelman muutokset, 29 §.
- Työtä uhkaava viivästytminen.



- Urakka-ajan pidennys, 19 §, 25 §.
- Työn aikana havaittujen virheiden korjaaminen ja arvonlennukset.
- Maksujärjestelyjen muuttaminen, 27 §.
- Asiakirjoissa todettujen ristiriitaisuuksien selvittely, 65 §.
- Riidanalaisen suorituksen tekeminen, 67 §.
- Tehtyjen töiden tarkastaminen ja tehtyjen työmäärien toteaminen.
- Urakoitsijan hankittaviksi kuuluvien suunnitelmien tarkastaminen ja hyväksyminen, 16 §.

#### 5. TYÖMAAKOKOUKSEN PÖYTÄKIRJA ASIAKIRJANA

- Pöytäkirjaan tehty ilmoitus tai huomautus katsotaan kirjallista ilmoitusta vastaavaksi.
- Se on asiaa selvittävä tietolähde loppukatselmuksen pitäjälle.
- Se on todistusasiakirja riita-asioissa edellyttäen, että rakennuttajan edustaja ei ole ylittänyt valtuutustaan.

#### 6. YLEISIÄ OHJEITA TYÖMAAKOKOUKSEN PITÄJÄLLE

- Ole rehellinen, oikeudenmukainen ja objektiivinen.
- Pyri luomaan molempipuolisen luottamuksen ilmapiiri.
- Asiat riitelevät, eivät henkilöt.

Esimerkki työmaan  
alkukokouksen pöytäkirjaksi.

Pöytäkirja laadittu 5.5.1970  
Helsingissä päällysteurakan  
I A alkukokouksessa. Läsnä  
olivat urakoitsijan edustaji-  
na toimitusjohtaja A.A. ja  
työpäällikkö E.E., sekä ra-  
kennuttajan edustajina raken-  
nuspäällikkö K.K. ja työpääl-  
likkö N.N., joista edellinen  
toimi kokouksen puheenjohta-  
jana ja jälkimmäinen laati  
pöytäkirjan.

1 §.

Työmaan alkukokouksen pitämisestä oli sovittu puhelimitse raken-  
nuttajan ja urakoitsijan kesken.

2 §.

Työnaikainen vakuus:

Urakkasopimus I A on allekirjoitettu 25.4.1970 Helsingissä tie-  
ja vesirakennuslaitoksen ja urakoitsijan välillä. Urakoitsija on  
jättänyt työnaikaiseksi vakuudeksi takaussitoumuksen, jonka ra-  
kennuttaja on kirjallisesti hyväksynyt 3.5.1970.

3 §.

Ennakon maksu:

Urakkasopimuksen mukainen ennakkomaksun suuruus on 5 % urakka-  
summasta. Se voidaan maksaa työnaikaisen vakuuden tultua hyväk-  
sytyksi.

4 §.

Työn aloittamisaika:

Urakkasopimuksen mukaan työt pitää aloittaa 12.5.1970. Päällyste-  
aseman pystytys on käynnissä ja urakoitsijan ilmoituksen mukaan  
koemassa voidaan valmistaa 8.5.1970.



- 2 -

## 5 §.

Rakennuttajan hankinnat:

Sopimuksen mukaan rakennuttaja hankkii tarvittavan kiviaineksen sekä luovuttaa korvauksetta urakoitsijan käyttöön korkeajännite-  
linjan ja muuntajan. Kiviaines on kokonaisuudessaan valmiina ja  
varastoituna koneasemalla. Urakoitsija on saanut tutustua kivi-  
aineksen rakeisuustutkimuksiin. Urakoitsijalla ei ole huomautta-  
mista kiviaineksen laadusta. Korkeajännitelinja ja muuntaja ovat  
myös valmiina käyttöön. Rakennuttajan edustaja huomautti, että  
urakoitsijan pitää tehdä sähkön ostoa koskeva sopimus sähkön-  
jakeluliikkeen kanssa. Todettiin, että sopimuksen mukaan raken-  
nuttajan suoritettavaksi kuuluvat valmistelevat työt ja hankin-  
nat on tehty sopimuksen edellyttämällä tavalla.

## 6 §.

Rakennuttaja merkitsee tasauksen:

Rakennuttaja on tehnyt suunnitelman tien tasaamiseksi. Tasaus  
merkitään 20 m:n välein tien oikeaan reunaan. Tarvittaessa tasa-  
us merkitään 10 m:n välein. Tasausmassan paksuus merkitään poik-  
kileikkauksen kolmesta kohdasta (kummankin kaistan reunasta ja  
keskeltä). Rakennuttaja merkitsee aluksi vain 5 km matkalla,  
koska ei ole täyttä varmuutta roudan sulamisesta.

## 7 §.

Organisaatiot:

Urakoitsijan työmaaorganisaatio ja kalusto.

työnjohto:

- työmaan vastaava rakennusmestari
- apulaisrakennusmestari ja työnjohtaja
- laborantti

koneet:

- sekoitusasema .....
- levitin .....
- jyrät .....
- laboratoriokalusto
- emulsion levitin

- 3 -

Rakennuttaja ilmoitti hyväksyvänsä esitetyn kaluston päällystystyössä käytettäväksi.

Rakennuttajan valvontahenkilökunta.

- rakennuttajan edustajana urakkasopimuksen mukaan on K.K.
- työpäällikkönä insinööri N.N.
- työmaapäällikkönä rakennusmestari H.H.
- valvojat työpaikoilla 2 rkm. + 2 ins.oppilasta.

Rakennuttajan valvojien valtuudet ovat yleisten sopimusehtojen 42 §:n mukaiset.

8 §.

Työn suoritusaikataulu:

Urakoitsija esitti työn suoritusaikataulun ilmoittaen samalla tekevänsä työn kahdessa 8 tunnin työvuorossa. Esityksen mukaan työ valmistuu 2 viikkoa ennen määräaikaa. Työ aloitetaan tien alusta paalulta 0+00. Rakennuttajan edustajalla ei ollut huomauttamista aikataulusta.

9 §.

Työvoiman käyttö:

Tarvittavan työvoiman käytöstä pitää olla yhteydessä työvoimapiiriin. Urakoitsijan käyttämän kokonaistyövoiman määrä selviää pöytäkirjan liitteenä olevasta työsuunnitelmakaaviosta.

10 §.

Maksut ja ennakon pidätys:

Laskutus ja ennakon pidätys ovat sopimuksen mukaiset. Laskut jätetään suoraan työmaapäällikölle.

11 §.

Liikenteen järjestely:

Urakoitsija vastaa liikenteen järjestelyistä siitä lähtien kun rakennuttaja on luovuttanut tien urakoitsijalle. Liikenteen järjestelyissä noudatetaan sopimuksen liitteenä olevia ohjeita.



- 4 -

12 §.

Päällystemassan suhteitus:

Rakennuttaja luovutti urakoitsijalle päällystemassan suhteitusarvot.

13 §.

Urakoitsijan esille ottamat asiat:

14 §.

Pöytäkirjan allekirjoitus:

Tämän pöytäkirjan allekirjoittavat A.A. ja N.N. Seuraava työmaakokous pidetään 19.5.1970.

---

A. A.

---

N. N.

TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

TSTO.INS. ARVO PEHKONEN

XI PÄÄLLYSTEVAURIOT JA NIIDEN  
KORJAAMINEN



1. MIKSI VAURIOT ON KORJATTAVA

Tiepäällysteissä esiintyvien liikenteelle vaarallisten vaurioiden välitön korjaaminen kuuluu kunnossapitäjän ensisijaisiin velvollisuuksiin. Myös päällysteen tai muun tierakenteen säilymisen kannalta haitallisten vaurioiden osalta on käytännössä päädytty suosittelemaan niiden korjaamista mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Korjausten tärkeydelle voidaan esittää myös taloudellisia perusteita.

Tekn.tri Lehtipuun, teiden epätasaisuutta käsittelevän tutkimuksen mukaan tien epätasaisuus, jota kaikki vauriot itse asiassa merkitsevät, aiheuttaa tienpidolle ja liikenteelle mm. seuraavia haittoja.

- lisärasituksia tiehen ja tämän johdosta tiekustannusten kasvua
- liikenneturvallisuuden alenemista (kitkan pieneminen)
- epämukavuutta matkustajille

Suuresta epätasaisuudesta aiheutuu muitakin haittoja kuten liikenteen aikakustannusten kasvua ja vaurioita ajoneuvoille ja kuljetettavalle tavaralle.

Epätasaisuuden vaikutusta liikenteen tielle aiheuttamaan rasitukseen Lehtipuu on käsitellyt käytännön esimerkein.

Eräällä Turun piirin kolme vuotta vanhalla asfalttipäällysteisellä tiellä, joka edusti "hyvää" tasaisuustilannetta, mitattiin 5 metrin oikolaudalla 100 metrin matkalla 8 epätasaisuutta, joista suurin oli 8 mm ja pienin 4 mm. Laske-malla saatiin ko. tienkohdan keskiepätasaisuudeksi 0,21 cm. Tiellä oli raskasta liikennettä vastaten 187 kpl 8 tonnin akseleita. Edelleen laskemalla todettiin, että kun epätasaisuus otettiin huomioon tien kuormitus vastasi 215 kpl 8 tonnin akseleita eli epätasaisuuden noususta johtuva tien kuormituksen kasvu oli 15 %.



Toisessa esimerkkitapauksessa Helsingin kaupungista valitulla 10 vuotta vanhalla katuosuudella, joka edusti keskinkertaista tasaisuustilannetta, oli keskiepätasaisuus 0,64 cm. Kadun liikennemäärä vastasi 176 kpl 8 tonnin akselia, ja kun epätasaisuus otettiin huomioon vastasi kadun kuormitus 287 kpl 8 tonnin akseleita eli kuormituksen kasvu epätasaisuuden johdosta oli 63 %.

Erityisen huonokuntoisilla asfalttipäällysteisillä teillä voi Lehtipuun mukaan keskiepätasaisuus eli mitattujen epätasaisuuksien painotettu keskiarvo nousta 1...2 cm:iin, jolloin tien rasitus on 2...4-kertainen tasaiseen tiehen verrattuna.

Ensin mainitusta esimerkkitiestä on laskettu myös lisärasituksen aiheuttamasta tierakenteen kestoiän lyhenemisestä johtuva tien vuosikustannusten kasvu. Kasvu oli 960 mk/km eli 3,3 % vuotuisista tiekustannuksista (rakennuskustannukset 300.000 mk/km). Jos tien liikennemäärä on 3000 hay/vrk ja keskiepätasaisuus 0,5 cm, on tiekustannusten kasvu jo noin 10 %, mikä merkitsee vuosittain useiden tuhansien markkojen tappioita tiekilometriä kohti päällysteen epätasaisuuden johdosta.

Vaikkakaan kaikkien tien epätasaisuuksien poistaminen ei ole mahdollista kunnossapitotoimenpitein, osoittaa edellinen kuitenkin haitallisten reikien, painumien ja purkautumien korjaamisen tärkeyden. Samalla tietysti urakoitsija saa viitteitä siitä, mitä tasaisuusvaatimusten hyväksi kannattaa uhrata.

Tienkäyttäjän ajokustannusten kasvu (polttoaine, aika ym.) on tvh:n teknillistaloudellisen toimiston mittausten perusteella tehtyjen alustavien arvioiden mukaan huonokuntoisella asfalttipäällysteellä 2 - 5 % ja öljysorapäällysteellä vastaavasti 5 - 10 % hyvään päällysteeseen verrattuna. Vuotuinen ajokustannuslisä on tällöin vilkasliikenteisellä tiellä useita tuhansia markkoja tiekilometriä kohti. Tvl:n tarkkailuteiltä saatujen kustannustietojen mukaan kestopäällysteiden korjauskustannukset ovat vain muutaman sadan markan luokkaa tiekilometriä kohti.



Kun edellä mainittujen selvästi rahalla mitattavien seikkojen lisäksi otetaan huomioon päällystevaurioiden aiheuttama liikenneturvallisuuden aleneminen, matkustajille aiheutuva epämukavuus ym. seikat, voidaan todeta, että päällystevaurioiden korjaaminen on mitä suurimmassa määrin tarkoituksenmukaista ja taloudellista toimintaa. Ilmeistä on, että korjausten tason parantaminen nykyisestään huomattavastikin olisi taloudellisesti kannattavaa, mikäli se määrärahojen puitteissa olisi mahdollista. Korjausmenetelmän valinnassa tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota taloudellisiin ja liikenteen palvelua koskeviin seikkoihin.

## 2. PÄÄLLYSTEVAURIOISTA

Tie- ja vesirakennushallituksessa laadituissa päällysteiden korjausohjeissa on vauriot ryhmitelty seuraavasti:

- halkeamat
- reiät
- epätasaisuudet
- routavauriot
- purkautumat
- sideaineen pintaannousu
- kuluminen

Luettelo ei ehkä ole täydellinen, mutta täyttäneen tarpeet korjaustöitä silmälläpitäen. Aina on syytä ennen korjaustoi-  
miin ryhtymistä selvittää vaurion syy, jolla on merkitystä korjaustapaa valittaessa. Syitä on käsitelty varsin yksityis-  
kohtaisesti vauriotyypeittäin "Tiepäällysteiden korjausohjeet"  
kirjasessa eikä niihin tässä yhteydessä tarkemmin puututa.  
Yhteenvedona voidaan vain todeta, että liikenne, säätekijät  
ja erilaiset päällysteen alustan tai itse päällysteen raken-  
teelliset puutteellisuudet ovat syynä päällysteiden vaurioi-  
tumiseen.

Viimeisimmät tiedot eri päällystevaurioiden esiintymisestä  
sisältyvät VTT:n viime keväisen, vaurioinventoinnin perus-  
teella suorittamaan tutkimukseen, josta esitetään seuraavas-  
sa muutamia ennakkotietoja. Vaurioinventointi suoritettiin  
huhti-toukokuussa, jolloin keväällä runsaasti esiintyviä vau-



rioita ei vielä ollut ehditty korjata. Inventointi käsitti noin 3900 km kestopäällysteisiä teitä, joista noin 80 % oli valta- ja kantateitä. Sora-asfalttibetoni oli päällysteenä 55 %:lla kyseisistä teistä, asfalttibetoni 16...20 37 %:lla, loppujen ollessa Ab-12:ta ja HAB:ta. Vauriot inventoitiin kilometreittäin eli merkittiin kunkin kilometripylvään kohdalla edellisellä täydellä kilometrillä havaitut vauriot.

Erilaiset halkeamat olivat hyvin yleisiä vaurioita kaikkialla maassa. Päällysteen kutistumisesta johtuvien pakkaskatkojen määrä näyttää kasvavan selvästi pohjois-Suomeen mentäessä. Koko maassa keskimäärin oli 50 %:lla tutkituista päällystekilometreistä vähintään 8 kpl pakkaskatkoja, Uudenmaan, Hämeen ja Kymen piireissä on vastaava lukumäärä alle 4. Vain 11 %:lla tutkituista päällysteistä ei pakkaskatkoja esiintynyt.

Pituushalkeamia esiintyy noin 80 %:lla tutkituista päällysteistä, 50 %:lla on vähintään 4 halkeamaa/km ja noin neljäsosalla yli 10 halkeamaa/km. Kolmeneljäsosaa pituushalkeamista oli alle 200 metrin pituisia, VTT:ltä saadun pituusjakautumataulukon avulla lasketun halkeamien kokonaispituuden ollessa noin 600 km.

Yli kaksiviidesosaa päällysteistä oli täysin vapaita verkkohalkeamista. Suhteellisesti ja myös määrällisesti eniten verkkohalkeamia esiintyy Uudenmaan, Turun, Hämeen, Keski-Suomen ja Vaasan piirien teillä. Koko tutkitulla päällystemäärällä oli jakautumasta laskettu verkkohalkeama-alueiden yhteispinta-ala noin 1,5 milj. m<sup>2</sup>, mikä vastaa 200 km:iä hajonnutta päällystettä.

Pystyreunaisia reikiä (ympärillä ei verkkohalkeamaa) esiintyi yli yksineljäsosalla tutkituista tiekilometreistä. Myös näistä vaurioista oli valtaosa edellä verkkohalkeamien yhteydessä mainituissa piireissä, minkä lisäksi myös Kuopion piirin päällysteillä esiintyi runsaasti reikiä. Edellä mainitulla tavalla laskettu kokonaisreikämäärä oli noin 9000 kpl, mikä merkitsee noin 9 kpl/km laskettuna niitä päällysteitä kohti, joissa reikiä esiintyi.



Laakeita päällysteen läpikulumisia ilmaisevia reikiä esiintyi 22 %:lla tutkituista päällystekilometreistä. Tällaisten reikien kokonaismäärä oli yli 6000 kpl ja piirien osuudet olivat hyvin samantapaiset kuin edellä verkkohalkeamien ja pystyreunaisten reikien kohdalla. Ko. reikien yhteispinta-ala oli yli 40.000 m<sup>2</sup>, josta määrästä noin puolet oli Uudenmaan piirin teillä.

Paikkauksia oli suoritettu 45 %:lla tutkituista päällystekilometreistä. Paikkauksia oli yhteensä yli 11.000 kpl kokonaispinta-alaltaan noin 500.000 m<sup>2</sup>. 10 markan neliöhinnan mukaan laskien edustivat paikkaukset siis 5 milj. markan summaa.

Tutkituilla päällysteillä suoritettiin myös jokaisen kilometrimittauksen kohdalla kummankin ajokaistan molempien ajourien maksimisyvyyden mittaus 2,5 metrin oikolaudalla. Keskiurien syvyyden ja liikennemäärän korrelaatio todettiin paremmaksi kuin reunaurien, mikä viittaa siihen, että reunaurien syntyyn vaikuttaa huomattavasti myös muut tekijät kuin liikennemäärä (mm. reunojen painuminen). Eri tekijäin vaikutusta raiteen muodostukseen selvittää VTT enemmän tutkimuksen 2. vaiheessa. 50 %:lla tutkituista päällysteistä oli keskiurien syvyys suurempi kuin 6 - 8 mm. Suurimmat mitatut raiteensyvyydet olivat ulkoraitteiden osalta yli 40 mm ja sisäraitteiden osalta 34 - 36 mm. 15 mm:n sisäurien syvyyden ylitti noin 300 kuluneinta päällystekilometriä. Keskimäärin on päällysteiden kuluneisuus luonnollisesti suurin etelä-Suomessa vilkasliikenteisissä piireissä.

Edellä luetelluista hajanaisista tiedoista voidaan todeta, että erilaisia vaurioita esiintyy varsin runsaasti, jollin myös korjaustöiden tarve on suuri. Erot tvl:n eri piirien välillä ovat korjaustarpeen osalta varsin suuret johtuen sekä päällystemäärien että vaurioitumisasteen eroista. Öljysorattiet, jotka eivät kuuluneet po. tutkimuksen piiriin tasoittavat kuitenkin tilannetta huomattavasti.

Päällysteiden kunnossapidon kannalta ikävimmät vauriotyypit ovat runsaan esiintymisensä ja vaikean korjattavuutensa joh-



dosta verkkohalkeamat ja kulumisesta johtuva raiteistuminen. Erityisesti nastarengasliikenteen aiheuttama päällysteiden nopea kuluminen on aiheuttanut viime aikoina paljon huolta tienpitäjille. Tvh:n hoidossa olevilla vilkkaimmin liikennöidyillä teillä on todettu kulutuskerroksen kuluva puhki raiteen kohdalta noin neljässä vuodessa. Suurin Helsingissä havaittu kulumisarvo on Asfalttilehden mukaan havaittu Rautatientorilla, jossa lokakuussa 1969 tehty karkeuttamaton HAB-90 oli helmikuussa 1970 kaarteessa puhki ja jouduttiin päällystämään uudelleen kesällä 1970. Tällainen nopea kuluminen johtaessaan raiteiden muodostumiseen heikentää liikenneturvallisuutta, vaikeuttaa talvikunnossapitoa ja aiheuttaa tienpidolle huomattavia lisäkustannuksia päällysteiden uusimiskierron nopeuttamisen ja korjaustarpeen suurenemisen johdosta.

### 3. KESTOPÄÄLLYSTEIDEN JA BITUMILIUOSSORAN KORJAUKSET

Viime kesänä valmistuneessa "Tienpäällysteiden korjausohjeet" kirjasessa on päällysteiden eri korjausmenetelmistä pyritty antamaan yksityiskohtaiset työmaakäyttöön soveltuvat ohjeet. Kuhunkin tapaukseen parhaiten soveltuvan korjaustavan valintaa silmälläpitäen on korjaustapasuositus esitetty vauriokuvauksen yhteydessä, minkä lisäksi kunkin korjausmenetelmän kohdalla on mainittu, mihin vauriotapaukseen ko. menetelmä soveltuu.

Kestopäällysteiden ja bitumiliuossoran korjaukset jaetaan kulutuskerroksen uusimiseen, pintaauksiin, paikkauksiin ja halkeamien korjauksiin. Päällysteiden uusimisista voidaan todeta, että ne muodostuvat jo varsin huomattavan osan tvl:n vuotuisesta päällystysohjelmasta. Kunnossapidon kannalta tärkeän seikan muodostaa liikennetaloudellisesti edullisemman uusimisajankohdan määrittäminen kullekin päällysteelle mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ennen uusimisvuotta. Varsinainen päällystystyön suoritus jää useimmiten urakoitsijan tehtäväksi.



Pintaukset ovat laajoihin päällystepintoihin, mahdollisesti koko tien pintaan kohdistuvia korjaustoimenpiteitä. Pintaukset jaetaan massa-, sirote- ja lietepintauksiin.

Massapintauksella tarkoitetaan em. korjausohjeissa kuumana sekoitetusta hienorakeisesta asfalttimassasta ohuena kerroksena levitettävää päällystettä, joka tarvittaessa karkeutetaan. Erikoismassojen käytöstä massapintaukseen on toistaiseksi vähän kokemuksia. Massapintausta jouduttaneen käyttämään yhä enenevässä määrin edellä mainittujen verkkohalkeama-alueiden, kuluneiden raiteiden ja tien pituussuunnassa vaurioituneimpien kohtien kuten risteys- ja kaarrealueiden korjauksiin. Pintaus tehdään normaalin päällystystyön työmenetelmin. Lähtösaumojen aukihakkauksella saadaan saumakohtaan riittävän paksu päällystekerros ja liikenteelle haitallinen epätasaisuus vältetään. Mikäli pintaus tehdään vain osalle tien leveyttä, on sauman muodostaminen usein tarkoituksenmukaista myös tien pituussuunnassa.

Sirotepintauksia, joilla tarkoitetaan päällysteen pinnalle bitumisella sideaineella liimattua ohutta kiviaineskerrosta, on meillä tehty aika vähän. Periaatteessa karkeat kiviainesrakeet muodostavat kulutusta kestävä ja kitkaominaisuksiltaan hyvän pinnan, mutta käytännössä sirotteen pysymistä varsinkaan vilkkaan nastarengasliikenteen alaisena ei ole kyettä tyydyttävästi ratkaisemaan. Sirotteen irrottua saattaa jäljelle jäävä sideainekalvo jopa heikentää liikenneturvallisuutta. Päällysteen rakoihin tunkeutunut sideaine lisää kuitenkin päällysteen kestävyyttä. Sirotepintauksen tekeminen vaatii erittäin korkeata ammattitaitoa, edellyttäen useiden seikkojen huomioon ottamista materiaalien valinnassa ja työn aikana. Korjausohjeiden mukaan sirotepintausta ei suositella, jos tien liikennemäärä (KKVL) ylittää 2000 hay.

Sirotepintausta huomattavasti enemmän käytetty korjausmenetelmä on emulsiolietepintausta. Kyseisessä menetelmässä levitetään hienorakeisen kiviaineksen, bitumiemulsion, veden ja erityisen seoksen jähmettymistä säätelevän stabilointiaineen seos erikoisrakenteisella koneella päällysteen pinnalle. Mas-



san kokonaismäärä on vain noin 5 - 10 kg/m<sup>2</sup>. Lietteen avulla on tarkoitus lähinnä tiivistää päällysteen harventunut pinta ja halkeamat ja siten estämällä veden pääsy näihin hidastaa päällysteen rikkoutumista. Koska pintaauksessa on kysymys hyvin ohuesta kerroksesta, lietettä ei pidä ajatella uutena kulutuspintana vaan lähinnä entisen päällysteen paikalleen sitojana. On tosin todettu, että noin 1000 hay:n liikenteessä, kun tie on talvella lumen ja jään peitossa, lietekerros pysyy suunnilleen ehjänä pari vuotta. Laskelmin on pyritty osoittamaan, että jos lietteen avulla voidaan jatkaa päällysteen kestoikää 1 - 2 vuotta, tällainen 1/2 mk/m<sup>2</sup> maksava pintausta on taloudellisesti kannattava uhraus. Laskelmat jäävät kuitenkin epätarkoiksi koska esimerkiksi päällysteen ikä on hyvin epämääräinen suure. Nastarengasliikenteen alaisena lietekerros kuluu nopeasti ajourista pois, eikä pintausta korjausohjeiden mukaan suositella, jos tien KKVL ylittää 1500 hay. Eniten pintaauksia on tehty harventuneille bitumiliuossorapäällysteille ja lentokentille. Esimerkiksi viime vuonna lietepintausta tehtiin yli 900.000 m<sup>2</sup>, josta noin 600.000 m<sup>2</sup> teille. Vuonna 1969 pintaauksia tehtiin noin 600.000 m<sup>2</sup>. Korkeasta sideainemäärästä ja hienorakeisesta kiviaineksesta huolimatta lietepintausten kitkaominaisuudet on mittauksin todettu täysin asfalttipäällysteiden kitkaominaisuuksia vastaaviksi, mistä syystä lietettä voidaan ajatella myös käytettävän kitkan parantamiseksi esimerkiksi sideaineen pintaannousukohdilla vähäliikenteisillä teillä.

Päällysteissä esiintyvien reikien paikkausmateriaalina tulevat kysymykseen valuasfaltti, muut kuumasekoitteiset massat, kylmäsekoitteiset erikoismassat, bitumiliuossora ja öljysora. Purkautumakohtien korjaamisessa tulee lisäksi kysymykseen sirotepintausta. Yhä tärkeämmäksi paikkausmateriaaliksi on viime aikoina tullut valuasfaltti, jonka käyttö on lisääntynyt lähinnä oman keitinkaluston hankkimisen johdosta. Valuasfaltin käytön eduista voidaan mainita seuraavat:

- erinomainen kestävyys
- käyttövarmuus huonoissakin sääoloissa, myös talvella



- helppo levittää ohuinakin kerroksina
- liimausta ei tarvita
- tiivistäminen tarpeetonta

Haittapuolia ovat korkeahko hinta, hidas valmistusprosessi ja monien mielestä paikkausten muusta päällysteestä selvästi erottuva tumma väri. Paikkaustyön edistymistä voidaan huomattavasti nopeuttaa ns. kakkujen käytöllä, jossa etukäteen keitettyjä valuasfalttikappaleita lisätään jatkuvasti massaan työn aikana. Valuasfalttia voidaan myös käyttää pienissä kohteissa verkkohalkeama-alueiden ja raideurien korjaamiseen.

Paikkaustöissä ovat valuasfaltin vaihtoehtoina kesän aikana muut asfalttiasemilta saatavat kuumasekoitteiset massat ja talvella erilaiset kylmät massat. Kesällä muodostuu muu kuumamassapaikkaus yleensä valuasfalttipaikkausta taloudellisemmaksi, minkä lisäksi paikkaus saadaan normaalimassoilla enemmän ympäristönsä näköiseksi. Talvella on kylmäsekoitteisten massojen käyttöä suunniteltaessa otettava huomioon, että tällaisella massalla tehty korjaus saattaa osoittautua lyhytikäiseksi, jolloin paikkauksen uusiminen lisää kustannuksia.

VTT on eri paikkausmassoilla suorittamissaan kokeissa todennut, että tiellä, jonka liikennemäärä oli 11.000 ajon/vrk, säännöllisen muotoiseksi hakatulla paikkauskohdalla kesäolosuhteissa tehdyn öljysorapaikan ikä oli noin 2 kk ja bitumiemulsiomassapaikan 2 - 3 kk, kun taas bitumiliuosmassalla tehty paikka näytti kestävän yli vuoden. Valuasfaltilla tehty paikkaus osoittautui kestävimmäksi ja se kului kymmen ympärillä ollut ehjä päällyste, mikä tietysti on ihan-teellista, sekä kunnossapidon että liikenteen kannalta. Öljysoran käyttö kestopäällysteiden paikkauksin ei tämänkään tutkimuksen mukaan siis ole suositeltavaa. Bitumiliuos-sora ja eräät erikoismassat, joissa bitumiliuos on sideai-neena, on käytännössäkin todettu varsin hyviksi paikkausma-teriaaleiksi. Kylmämassapaikkausta ei korjausohjelmissa suo-sitella muualle kuin liikennemäärän 2000 hay alittaville maanteille ja paikallisteille.

Todettakoon tässä yhteydessä, että korjausohjeiden korjausluokituksessa edellytetään valta- ja kantateillä sekä vilkasliikenteisillä muilla teillä vauriokohdan muotoilu säännöllisen muotoiseksi, jotta paikka olisi mahdollisimman kestävä ja ulkonäöltään hyvä. Tätä pidettäneen yleisesti tärkeänä, koska korjausohjeista pyydetyissä piirikonttoreiden lausunnoissa vain yksi piiri on pitänyt hakkausta valuasfalttipaikkauksen osalta epätarkoituksenmukaisena.

Halkeamien osalta voidaan todeta, että käytännön havaintojen perusteella niiden korjaamisen vuosittain vaatima työtuntimäärä on varsin huomattava, mihin myös vaurioinventoinnin perusteella halkeamien esiintymistiheydestä saadut tiedot viittaavat. Sideainekannua tai käsiruiskua tehokkaampaa työvälinettä ei halkeamien kiinnijuottamiseen ole vielä kehitetty. Korjaustyöt on edullisinta yleensä suorittaa aikaisin keväällä. Paras korjausmateriaali on kuuma bitumi (B-200, B-300). Bitumiemulsio N-O käyttö on kätevää, koska sitä ei tarvitse lämmittää eikä alustan kosteus ole haitaksi. Bitumiliuos tahraa helposti päällysteen halkeaman ympärillä. Leveissä halkeamissa voidaan käyttää myös saumausmassoja.

#### 4. ÖLJYSORATEIDEN KORJAUKSET

Edellä puheena olleen Lehtipuun tutkimuksen mukaan oli valtaosa liian epätasaista valtateistä öljysorapäällysteisiä. Öljysoralla todettiin liikennemäärä parhaaksi epätasaisuuden selittäjäksi. Lehtipuun mukaan "öljysorateiden rasitus on kunnossapitäjän mahdollista tehokkaasti pienentää muokaus- ja tasoitustoimin". Kantavuudeltaan heikompia öljysorateita, joissa kantavana kerroksena oli soraa, oli jouduttu karhitsemaan selvästi enemmän kuin sellaisia, joissa kantavana kerroksena oli murskesoraa.

Edellisen mukaan on siis öljysorapintojenkin kunnossapitoon kiinnitettävä riittävästi huomiota. Korjausmenetelminä tulevat kysymykseen kaikkien tuntemat paikkaus ja karhinta. Viimeksimainitun yhteydessä voidaan tarpeen vaatiessa suorittaa



murskesoran, tieöljyn tai uuden öljysorakerroksen lisäys. Tieöljyn lisääystä on tehty varsin laajassa mitassa mm. Vaa-san piirissä. Pintaannousseen öljyn poiskulumisen, sideaineen haihtumisen ja siinä olevien komponenttien hapettumisen johdosta öljysorapäällysteiden sideainepitoisuus on saattanut alentua siinä määrin, että tieöljyn lisäys on tarpeen. Ennen öljysoran repimistä on syytä korjata vanhassa päällysteessä esiintyvät laajat reiät, jolloin vanha massa leviää tien pinnalle mahdollisimman tasaisesti. Massaa vanhalle öljysorapäällysteelle lisättäessä on muistettava, että öljysoran lujuus pienenee, jos kerroksen paksuus kasvaa yli 6 cm:n ( $140 \text{ kg/m}^2$ ).

Öljysorateiden paikkauksista voidaan todeta, että vauriokoh-tien muotoiluun ja ainakin kelvottoman aineksen poistoon vauriokohdan ympäriltä tulisi kiinnittää huomiota riittävästi. Jokainenhan lienee todennut miten helposti paikan viereen syntyy uusi reikä. Muotoilussa erityisesti laajoissa ns. raidepaikkauksissa voidaan useiden piirien kokemusten mukaan käyttää menestyksellisesti tiehöylään kiinnitettyjä jää- tai irtopiikkiterän kappaleita tai muita sopivan mit-taisia teräslevyjä. Sellaiset paikkausmassat, joissa kivi-aineen maksimiraekoko on normaalia pienempi ja sideaine-pitoisuus hieman tavallisen massan sideainepitoisuutta korkeampi, on todettu parhaiksi paikkausmassoiksi. Eräissä tapauksissa on käytetty massan valmistukseen niinkin hienora-keista kiviainesta kuin 0 - 8 mm. On myös tärkeätä muistaa, että öljysoraa paikataan vain ÖS-massalla, jotta öljysoran muokattavuus säilyisi.

# TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

DIPL.INS. LASSE RISTIKARTANO

XII      LIIKENNETURVALLISUUS



## XII TYÖMAAN LIIKENNETURVALLISUUS

### 1. JOHDANTO

Ensin lienee syytä mainita, että tässä alustuksessa käsitellään tekijöitä, jotka nimenomaan tienpäälystystyömailla mahdollisesti vaikuttavat tapahtuviin liikenneonnettomuuksiin tarkoituksella etsiä keinoja, joilla niitä voidaan välttää.

Liikenneonnettomuudesta tietyömaalla saattaa seurauksena olla vahinkoja joko läpikulkevalle liikenteelle tai sekä läpikulkevalle liikenteelle että työmaan liikenteelle tai työntekijöille. Näin liikenneturvallisuus tietyömailla sivuaa jossain määrin myös työturvallisuutta.

Aihetta käsiteltäessä on turvallisuuden ohella monasti esillä myös yleiselle liikenteelle työstä aiheutuva haitta ja näin ollen tullaan kiinnittämään huomiota myös liikenteen sujuvuuteen.

Työmailla tulee korostetusti esille liikenneympäristön eli mm. tien ja siihen liittyvien laitteiden vaikutus turvallisuuteen. Sekä tien kunnosta että tiehen liittyvien laitteiden asennuksesta ja kunnosta työn aikana vastaa työmaan vastaava mestari. Näin ollen hän siis on henkilö, joka tehokkaimmin ja parhaiten voi vaikuttaa liikenneturvallisuuteen tietyömailla.

### 2. PERUSTEET

Vuonna 1967 tutkittiin tvh:ssa liikenneonnettomuuksien tapahtumista tietyömailla. Tällöin todettiin, että liikenneonnettomuuksia tietyömailla tapahtui noin 1,5 kertaa enemmän kuin tiestöllä keskimäärin. Työmailla tapahtuneet onnettomuudet olivat kuitenkin seurauksiltaan keskimääräistä lievempiä, joten vakavien onnettomuuksien ei tietyömailla voitu todeta lisääntyneen. Onnettomuuksien karkeassa syystutkimuksessa oli havaittavissa, että tietyömailla useammassa

onnettomuudessa kuin mitä keskimäärin olisi ollut odotettavissa oli syynä tiessä ollut vika tai este.

Haettaessa viitteitä siitä, miten liikenneturvallisuutta työmailla on hoidettava, voidaan onnettomuustarkastelujen ohella kiinnittää huomiota siihen, miten ajoneuvot liikkuvat työma-alueilla. Tällöin on yhtenä näkökohtana huomioitava ajoneuvojen nopeudet. Nopeusrajoituksen vaikutus liikenteen nopeuteen ei ole aina ehdoton. Asiaa tutkittaessa voitiin todeta nimenomaan päällystetyömailla, että henkilöautoista 50 km/h rajoitusalueilla ylitti rajoitusnopeuden keskimäärin 69 % työmaakohtaisten ylitysprosenttien vaihdellussa 27 % - 95 %. Samoilla rajoitusalueilla ajoi yli 10 km/h ylinopeudella näistä autoista työmaasta riippuen 7 - 77 %. Korkeimmat havaitut nopeudet eri työmailla vaihtelivat 66 - 118 km/h. 70 km/h nopeusrajoitusalueilla keskimääräiseksi ylitysnopeudeksi saatiin 26 % ylitysten vaihdellussa 19 - 38 %. Näillä alueilla yli 80 km/h ajaneita oli 3 - 16 % havaittujen maksiminopeuksien ollessa 94 - 120 km/h.

Työkohteen läheisyyden vaikutusta nopeuksiin tutkittiin päällystystyömaalla paikassa, jossa liikennettä ohjattiin siirrettävällä valo-opasteella kavennetun työpaikan ohi. Eri etäisyydellä valo-opasteesta mitattiin niiden ajoneuvojen nopeudet, jotka pääsivät ajamaan suoraan pysähtymättä päin vihreää. Tuloksista mainittakoon, että keskinopeus, joka esimerkiksi etäisyydellä yli 100 m valo-opasteesta oli yli 50 km/h (nopeusrajoitus paikalla 50 km/h) eli 51 km/h - 55 km/h, oli noin 50 m:n päässä opasteesta pudonnut 10 km/h vaihdellen nyt 42 - 48 km/h.

Nopeuksia työmailla tarkkailtaessa tutkittiin omana erillisenä ryhmänään myös työmaa-autojen nopeuksia. Niiden todettiin olevan korkeampia kuin kuorma-autojen nopeudet keskimäärin. Eräillä nimenomaan päällystystyömailla voitiin havaita työmaa-autojen nopeuksien jopa keskimäärin ryhmänä olevan selvästi suurempia kuin esimerkiksi henkilöautojen nopeudet keskimäärin samassa paikassa.



### 3. OHJEET JA MÄÄRÄYKSET

Suomessa oltiin muutamia vuosia sitten vielä suhteellisen sekavassa tilanteessa tietyömaiden merkintöjen suhteen johtuen siitä, että merkinnöistä annetut ohjeet olivat vanhentuneet ja olivat ennenkaikkea hajallaan. kokoamatta. Vuonna 1969 saatiin yhtenäiset ohjeet koskien tätä asiaa "Ohjeet liikenteen järjestelyistä tietyömaiden yhteydessä" (TVH 2.821). Näitä ohjeita käytetään suoritettaessa minkä tahansa tietyömaan merkintöjä. Ohjeiden kohtaan 3.6 on koottu tärkeimmät erityisesti päällystystyömaita koskevat kohdat. Henkilön, joka joutuu merkinnät suorittamaan tai joka on niistä vastuussa, on kuitenkin syytä tutustua ohjeisiin kokonaisuudessaan.

Varsinaisten merkintäohjeiden lisäksi tulee luonnollisesti kaikki se, mitä tulee urakkaohjelmaan tai urakkasopimukseen liikennejärjestelyihin liittyen taikka, mitä muissa yleisissä ohjeissa on asiasta mainittu. Liikennejärjestelyiden perustana on luonnollisesti tieliikenne- ja tielainsäädännöt, jotka ovat tieviranomaisen antamia ohjeita pätevämpiä.

### 4. PÄÄLLYSTYSTYÖMAIDEN MERKINTÄ JA LIIKENTEEN JÄRJESTELYT

Työmaan liikennejärjestelyjen sekä kaiken merkinnän perusvaatimuksena on, että se on mahdollisimman yksinkertainen, selvä ja yksiselitteinen. Merkinnän on aina oltava samanlainen, mikäli vaara, josta varoitetaan, on sama. Merkinnän tulee myös olla johdonmukainen ja näin ollen tulee esimerkiksi ennen nopeusrajoitusmerkkejä olla tiedotus (varoitusta) vaarasta, josta johtuen nopeutta on jouduttu rajoittamaan eli tietyömerkki. Merkinnän tulee olla ajankohtainen, joka työmailla tarkoittaa sitä, että suoritetaan merkintä kulloisen tilanteen mukaan ja että merkit, jotka työn edistyessä käyvät joko tilapäisesti tai kokonaan tarpeettomiksi välittömästi peitetään tai poistetaan, myös iltaisin ja viikonloppuina. Merkinnän tulee olla asianmukainen ja siisti eli kaikki käytetyt liikenne- ja tiemerkit sekä sulkulaitteet ovat asianmukaisia kooltaan, muodoltaan ja materiaaliltaan



sekä että ne on siististi asetettu paikalleen.

Eräänä tärkeänä yksityiskohtana voidaan mainita nopeusrajoitusten merkintä. Nopeusrajoitukset tulee hyvissä ajoin anoa ao. viranomaiselta. Nopeusrajoituksen käytön periaatteena on se, että sitä on käytettävä tarvittaessa ja vain silloin. Varsinkin rajoitusta 50 km/h on käytettävä vain työpaikan kohdalla. Muulla osalla päällystettävää tietä voidaan tarpeen mukaan käyttää rajoitusta 70 km/h. Nopeilla teillä on nopeus rajoitettava porrastettuna. Nopeusrajoitukset on merkittävä tehokkaasti mm. siten, että nopeusrajoitusmerkki on toistettava vähintään 2 km:n välein.

Kukin työmaa on yksilöllinen ja näin ollen ei mitään yleispätevää merkintämallia voi antaa. Käytettävistä liikenne-merkeistä mainittakoon, että niiden tulee olla liikennemerkkipäätöksen mukaiset ja niiden tulee olla heijastavia. Sulkulaitteissa tulee aina olla vilkku (TLA 3 §).

Tietyön alaisen tien liikenteen järjestelyt on hoidettava niin, että liikenteelle työstä aiheutuva haitta on mahdollisimman vähäinen. Tämä tahtoo sanoa ensiksikin sen, että järjestely on turvallinen, ja toiseksi sen, että se ei muutenkaan ole ajokustannusmielessä kohtuuton. Tietyömaan liikenteen järjestely liittyy aivan oleellisesti itse työn järjestelyyn. Mikäli työtä suorittaa urakoitsija, jo urakkasopimuksessa todetaan tärkeimmät järjestelyt ja joistakin yksityiskohdista urakan alkukokouksessa (mm. merkkijärjestelyt). Sen sijaan tarkkaa merkintäsuunnitelmaa työvaiheittain ei tavallisesti ole laadittu etukäteen muissa kuin moottoriteiden päällystystöissä. Ennenpitkää päästäneen kuitenkin siihen, että työtä suunniteltaessa työvaiheita tarkastellaan myös niihin liittyvien liikennejärjestelyjen kannalta ja tällöin suunnitellaan tarpeelliset merkinnät. Työnsuunnittelussa on huomioitava, miten esim. eri ajoradan osien päällystystä viedään eteenpäin niin, ettei yksikaistaisen liikenteen käyttämä osuus tule liian pitkäksi, eikä vaarallisia päällysteen reunoja jää pitkäksi aikaa vaarantamaan liikennettä, miten työ voidaan keskeyttää mielekkääseen paikkaan työvuoron tai työviikon päätyttyä, minne työkoneet voidaan laittaa syrjään yön tai viikonlopun ajaksi jne. Työmaa-



liikenteen käyttäytyminen tulee myös ottaa huomioon siten, että sen liikennesuunta ja erkaneminen ja liittyminen muuhun liikenteeseen on mahdollisimman vaaratonta.

Sellaisella työn etukäteissuunnittelulla, joka ottaa huomioon liikennejärjestelyt, voidaan huomattavasti yksinkertaistaa ja helpottaa merkintää sekä samalla kuitenkin vähentää sitä vaaraa, mikä työstä liikenteelle aiheutuu.

#### 5. LIIKENNETURVALLISUUTEEN TIETYÖMAILLA VAIKUTTAVISTA YKSITYISKOHDISTA

Yleisen tien tulee olla aina liikennettä tyydyttävässä kunnossa, eikä tiestä saa aiheutua vaaraa tai huomattavaa haittaa liikenteelle. Tämä on voimassa myös työmailla ja se on tulkittava mm. siten, että liikenteen käytössä oleva ajoradan pinta täyttää liikenteen vaatimukset. Mm. tien pinnan kitkan tulee kaikissa sääolosuhteissa olla turvallisen suuren. On kuitenkin useiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta tapahtunut, että uusi, juuri tehty päällyste tietyissä olosuhteissa on erittäin liukas. Tällöin on tavallisesti kysymys päällystystyön osittaisesta epäonnistumisesta. Mikäli kuitenkin uusi päällyste muodostuu joltain kohdaltaan erikoisen liukkaaksi, on tämä paikka hyvin tehokkaasti merkittävä, eikä tällaiselta paikalta esimerkiksi tule poistaa nopeusrajoitusta ennenkuin tien pinta on riittävästi karkeutunut. Yleensäkin uusi päällyste saattaa olla vanhaa liukkaampi ja tästä syystä uusien päällysteosuuksien alussa käytetäänkin merkkiä "liukas ajorata" lisäksi vielä "saateella".

Päällystetyömaalla työtä tehdään siten, että levitys tapahtuu yksi ajokaista kerrallaan. Tällöin muodostuu ajoradan keskelle tien pituussuunnassa kynnys, joka saattaa ohjata autojen kulkua ts. ajoneuvo voi menettää hallittavuutensa. Näin ollen tulee työ suunnitella siten, että työvuoron päättyessä kynnystä ei tien pituussuuntaan jää ja työaikana mahdollisesti oleva kynnys on erotettu tarpeellisin sulkulaittein. Toinen tien pituussuuntainen kynnys muo-



dostuu ajoradan reunaan päällystystyön ja pientareiden tasoitustyön väliseksi ajaksi. Tällaisenkin kynnyksen vaarallisuudesta on monia esimerkkejä löydettävissä. Tilanne tämän päällysteen reunan suhteen on sikäli problemaattinen, että päällystämisen suorittaa usein urakoitsija ja viimeistelytyöt rakennuttaja. On kuitenkin varmasti sekä urakoitsijan että rakennuttajan kannalta parasta hoitaa tämä asia kuntoon siten, että pientareiden taseus tapahtuu mahdollisimman aikaisessa työvaiheessa.

Tyypillistä päällystystyömailla liikenteenjärjestelyjen suhteen on se, että liikenteeltä joudutaan sulkemaan osa ajoradasta osan jäädessä liikenteen käyttöön. Tällöin on aina tarpeen ohjata liikenne suunnittain työpaikan ohi. Liikenne ohjataan joko valo-opasteilla tai varteen kiinnitetyllä pienikokoisella "ajoneuvolla ajo kielletty" merkillä, jonka taustapuoli on vihreä. Tärkeää tällaisessa tapauksessa on valita autojen pysäytyspaikat siten, että ne ovat jo kaukaa lähestyvän ajoneuvon kuljettajan havaittavissa. Liikenteen ohjauksen kannalta tällaisilla kapeilla osuuksilla on oleellista, että tilanne kapean osan kummassakin päässä on täysin selvillä. Yhteyden esim. radiopuhelimilla on pelattava. Liikenteen ohjaajana tai ohjaajina toimivien henkilöiden valintaan on myös kiinnitettävä erityistä huomiota.

Tämän alustuksen osassa, jossa käsiteltiin ajonopeuksia, todettiin nimenomaan päällystystyömaiden autojen kuljettajien ajavan huomattavan lujaa. Tämä varmasti vaikuttaa haitallisesti liikennekuriin myös muun liikenteen osalta ja siksi työmaa-autojen nopeuksia on valvottava ja nopeusrajoitusten ylitykset estettävä. Erittäin tärkeää on myös ajoneuvojen muu käyttäytyminen liikenteessä. Työnjohdon tuleekin valvoa esim. kuorma-autojen tuloa yksityiseltä alueelta yleiselle tielle.

Erään kysymyksen työmaiden liikenneturvallisuudesta muodostaa työntekijöiden turvallisuus. Päällystystöiden yhteydessä tämäkin ongelma tulee korostetusti esille, sillä työväestä osa joutuu tekemään työtään ajoradalla. Paitsi, että



varoituserkintä on asianmukainen, on tarpeen myös työntekijöiden valistaminen sekä henkilökohtaisten turvavarusteiden käyttäminen.

Vaaraa liikenteelle aiheutuu myös tiellä olevista työkooneista. Iltaisin ja viikonloppuina ajoradalla olevat koneet muodostavat vakavan vaaran liikenteelle ja siksi onkin aikana, jolloin päällystystöitä ei tehdä, kaikki työkooneet siirrettävä ajoradalta pois.

##### 5. LIIKENTENJÄRJESTELYJEN VASTUUKYSYMYKSET PÄÄLLYSTYSURAKASSA

Urakkasopimuksessa todetaan mm., että urakoitsija on velvollinen niiltä osin, jolta tie on luovutettu urakoitsijalle, huolehtimaan rakennuttajan hyväksymällä tavalla päällystystyön suorittamisen johdosta tarvittavasta liikenteen järjestelystä ja liikenneturvallisuudesta asettamalla määräyten mukaisia liikennemerkkejä, puomeja, lyhtyjä yms. Urakoitsijalla on täysi vastuu niistä mahdollisista liikennevahingoista, jotka tapahtuvat hänelle luovutetulla tieosalla ja jotka aiheutuvat urakoitsijan työstä tai toimenpiteistä.

Näin siis urakoitsijan edustajana vastaava mestari henkilökohtaisesti vastaa siitä, että päällystystyömaiden liikenteenjärjestelyt ovat asianmukaisesti tehtyt. On tällöin vastaavan mestarin kannalta erittäin tärkeää, että henkilöt, jotka hän on nimennyt hoitamaan esim. liikennemerkkien siirrot tai toimimaan liikenteenohjaajina, ovat tehtäviensä tasalla.

Vastaava paikallisvalvoja taas on henkilö, joka tieviranomaisen edustajana on lähinnä velvollinen tarkastamaan työmaan liikenteenjärjestelyjä sekä merkintöjä.

Mikäli urakoitsijan toimenpiteet liikenneturvallisuuden hyväksi eivät ole asianmukaiset tai ne poikkeavat muutoin annetuista ohjeista, voi rakennuttaja vaatia työt heti lopetettaviksi, kunnes merkintä on saatettu asianmukaiseen kuntoon.

## 6. YHTEENVETO

Liikenneturvallisuus on asia, johon kannattaa suhtautua vakavasti. Liikenneturvallisuutta tulee myös parantaa aina, kun siihen on mahdollisuuksia. Päällystystyömaiden vastavilla mestareilla nämä mahdollisuudet ovat. Siksi on välttämätöntä, että nämä henkilöt työssään kiinnittävät erityistä huomiota liikenneturvallisuuteen.



# TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

INS. MIKKO PRÖKKINEN a)

RKM. ANTTI SAARINEN b)

XIII MITTAUKSET JA RAPORTIT PÄÄLLYSTYSTYÖMAILLA

## XIII MITTAUKSET JA RAPORTIT PÄÄLLYSTYSTYÖMAILLA

a) Käsittelen aihetta tässä urakoitsijan näkökulmasta katsottuna. Koska edellä esiteltiin jo hyvinkin laajasti käytetyt menetelmät, lomakkeet yms. en niihin puutu, vaan keskityn lähinnä arvosteluun ja parannusesityksen tekoon em. aiheen suomissa rajoissa. Käyn läpi "yleistä" osan jälkeen asioita samassa järjestyksessä kuin edellä, mutta kajoan vain niihin asioihin, joihin katson olevan aihetta.

## 1. YLEISTÄ

Menkäämme heti näin alkuun itseemme, Te valvojina, minä tai me urakoitsijoina ja mieltikäämme sitä vastakkaisajattelujen ryhmää, joka on olemassa: työntekijä-työnantaja, tuottajakuluttaja, rakennuttaja-rakentaja (urakoitsija) jne. Sen jälkeen siirtäkäämme ajatuksemme siihen totuuteen, että usein me pohjaamme kannanottomme ja toimintamme tunnepohjaisesti iskulauseenomaisiin käsityksiin uhraamatta aikaa niiden perinpohjaisille selvittelyille ja kuitenkin elämämme eri vaiheissa me olemme milloin toisella ja milloin toisella puolen em. ajatusviivoja. Me näemme vastakkaisajattelussa ryhmien edutkin vastakkaisina, mutta sitähän niiden ei suinkaan tarvitse olla, eivätkä ole. Ei esim. Suomen paras päällyste Teidän valvomana ja meidän tekemänä sodi kummankaan etuja vastaan, vai sotiiko?

Tämä vain edellä käytetyn sanonnan "työmaan ilmapiiri" vastikkeeksi. Ja sitten asiaan. Yleisinä seikkoina luettelomaisesti haluan julkituoda:

- Painotan ehdottoman yhteistyöhengen tärkeyttä mittauksissa, määrityksissä yms. joissa usein jälkikäteen kuulee puolin ja toisin sanontoja "yksipuolinen tutkinta" tms.
- Valvojain toteamat alitukset yms. työselityksistä poikkeavuudet on pyrittävä välittömästi saattamaan urakoitsijan paikallisen, ylimmän edustajan tietoon, jotta hän heti voi puuttua tapahtumien kulkuun tai tarkistaa poikkeavu-



den todenperäisyyden. Salailu ja jälkikäteisvinoilu ei ole suositeltavaa.

- Asiapapereiden jakelusta annetuissa ohjeissa tulisi myös urakoitsija (tarpeineen) olla mainittuna, jotta ko. asiasta ei tarvitsisi joka kohteella erikseen sopia.

## 2. PÄIVÄILMOITUKSET

### 2.1 Massanvalmistus

- Hylättyjen massojen määrää arvioitaessa olisi kiinnitettävä huomiota massan, bituminoitujen kivien, kuivatun kiven jne. eroavuuteen ja siten esim. kuivien kivien merkinnästä hylätyksi massaksi olisi luovuttava. Jos eri ryhmien määrät halutaan julki, eriteltäköön ne. Nykyinen merkintätapa, yhden nimikkeen alle kaikki, synnyttää massoja, joista jos ei muuta niin keskustellaan pitkään lopputarkastuksessa.

### 2.2 Vaakojen tarkistus

- Käsittääkseni ko. toiminnasta ei saa tulla itse tarkoitusta, vaikkakin se ns. kireän "ilmapiirin" työkohteella siihen helposti johtaa ja työselitys sen jopa sallii. Teillä on luonnollisestikin oikeus suorittaa tarkistus kerran vuorossa, mutta jos se tarkistus osoittaa vaakojen oikeellisuuden viikosta toiseen on muistettava, että tarpeeton on aina turhaa kansantaloudellisesti, vaikka se hyöty tässä tapauksessa jääkin urakoitsijalle.

### 2.3 Sideaine

Edellä esitettiin sideaineen kulutuksen mittaustapoihin parannustoivomus, johon luonnollisestikin yhdyn, mutta koska tuntuu, että asia on helpompi sanoa kuin toteuttaa ehdotan, että pienissä töissä kulutus lasketaan ohje-%:lla ja arvostelussa huomioidaan mahdollisen näytteen tulos. Tuomitsen täysin eräässä piirissä käytetyn tavan, sideainemenekin merkitsemisestä työvuoron näytetulosten keskiarvoon perustuvana, koska se ei vastaa senkään vertaa kuin mitä mittaus työselityksen sanontaa "käytetty raaka-ainemäärä". Edellä esitetyissä mittauksissa lisää epävarmuutta vielä työmaalle



tuotu määrä, joka ainakin -70 kaudella Sköldvikistä tuotuna mitattiin tilavuusmittauksena lähtöpisteessä. Yhdyn edelliseen alustajaan myös siinä, että sekoitusasemalle tulleet määrät on pidettävä sivukirjaa ja ehdotankin, että -71 kaudella ko. kirjanpito pidettäisiin ja vieläpä niin, että jakelu ulotettaisiin kiistakumppaneiden lisäksi Neste Oy:n laskutukseen. Kirjanpidon sarakejakona voisi olla esim:

Tulo pv/klo	Kuormakirja No	Auton Rno	Tullut määrä kg	Laskutukset laskun no	Huom
----------------	-------------------	-----------	--------------------	--------------------------	------

Lopussa tullut määrä laskettaisiin yhteen. Huomautus sarakkeeseen merkinnät toimitushäiriöistä, tilattujen toimitusten toisaalle vienneistä yms. Em. olisi tärkeätä todistusaineistoa toimittajan/ urakoitsijan välisiin toimitusmääriin, laskutuksiin yms., joka sideainelaadusta oma lomake. Em. lomakkeen olemassaololla selvittäisiin varmastikin joka talvisilta epäselvyyksien selvittelyiltä.

#### 2.4 Massanlevitys

- Työvuorojen katkeamisajankohdat on syytä sopia kellomäärällisiksi, jotta katkon yllättävyyden seuraamuksilta vältyttäisiin. En suinkaan tarkoita sanonnallani sitä, että heti sopimuksen tultua tehdyksi urakoitsija vetäisi 2-3 tuntia miten sattuu ja tasaisi tilanteen vuoron viimeisten tuntien aikana, suosimista.

- Työvuoron työmäärien mittaukset suorasta tielinjasta poikkeavissa kohteissa ehdotan tehtäväksi etukäteisinä esim. paalutusta suorittavan mittausryhmän toimesta, jolloin kiireessä suoritettu mittaus ei toisi virheitä tullessaan.

#### 2.5 Massanäytteet

- Rajatapausten tulkinnoista olisi saatava riittävän selvät ohjeet valvojille, mikäli ns. "Kallion matematiikan" kurssi ei riitä, jotta tarpeettomilta katkoilta vältyttäisiin. (Esim. 5,65 on tulkittava 5,7 ennen sen vertaamista ohje-arvoon jne.).

#### 2.6 Muut tiedot työvuoron aikana



Keskeytysten syiden erittelyssä tulisi muistaa myös syyn lisäksi sen seuraukset, siten esim. sade saattaa jatkuaan pitkään synnyttää keskeytyksen, työn hidastumisen tms. muullakin tavoin kuin vain pohjien kastumisen muodossa. Tällä tarkoitan sitä, ettei saisi tulkita koneviaksi esim. katkoa, joka syntyy kun märkyytensä ansiosta kiviaines tarttuu siirtoelevalleihin ja kone sen takia pysäytetään puhdistuksen ajaksi. (-70 kaudella eräällä kohteella satoi saamamme virallisen selvityksen mukaan lähes 3 kertaa keskimääräistä enemmän ja siitä huolimatta kirjattu katkoaika sateen takia oli hyvin pieni).

### 3. PUOLIKUUKAUSITTAIN TEHTÄVÄT ILMOITUKSET

- Ilmoitusten valmistumisnopeuteen pyydän valvoja kiinnittämään huomiota, koska laskutuksethan tehdään ko. ilmoitusten perusteella ja toisaalta tehtyjen laskutusten virheistä toivon ilmoitusta välittömästi eikä per 14 pv toimitusajalla.
- Sideaineen hyvitystä laskettaessa ehdotan yleisesti käytönotettavaksi systeemin, jossa kulutus todetaan ohje-%:lla valmistetusta massamäärästä ja sekin vielä pyöristettynä täysille sadoille tai tuhansille kg:lle. Mahdollinen todellisen ja hyvitetyn erotus huomioitaisiin viimeisessä ilmoituksessa ko. kohteelta. Em. laskutustapaa saattaisi ulottaa jopa m<sup>2</sup>- määrityksiinkin. Toimenpiteillä nopeutettaisiin myös ko. ilmoituksen valmistumista tuntuvastikin itse asian siitä sanottavastikaan kärsimättä.
- Valitan sitä tapaa, jolla urakkahintoja käsitellään työkohteilla, sillä hyvin usein esim. ojamies tietää hinnat ennen urakoitsijan vastaavaa mestaria. Tämä ei ole mukava asia kun monastikin yksityissektori käyttää tietoonsa saamiaan yksikköhintoja omien töidensä hinnoittelussa vertailukohteina.
- Annan sitävastoin plussaa niille piireille, jotka jo 1970-päällystyskaudella liittivät kirjallisen selvityksen lopullisen m<sup>2</sup>-hinnan muodostumisesta loppuselvityspapereidensa



joukkoon, siten loppukokousta huomattavastikin nopeuttaen.

#### 4. PÄIVÄKIRJA

Urakoitsijan muistutukset:

- Erikoisesti haluan painottaa sitä, että urakoitsijan muistutusta tms. päiväkirjassa ei saa ottaa henkilökohtaisena asiana vaan todettuna tosiasiana. (Joskus näkee nimittäin valvojan vastakommenttina: ei pidä paikkaansa tms.).

Perustellun vastineen kirjaaminen on luonnollisestikin paikallaan, mutta ei suinkaan pakollinen, sillä allekirjoitus-  
han osoittaa vain sen, että on lukenut asian eikä sitä, että on hyväksynyt sen. Perustelun esittäminen epäonnistumiselle panee kirjailemaan itse kunkin, jotta esimiehen silmissä asia näyttäisi hieman todellista kauniimmalta.

P a i n o t a n erityisesti sitä, että ainoastaan kirjoitettu sana pätee, eivätkä suuret muistot lopputarkastuksissa.

#### Mittauspöytäkirja

- Loppumittausten käynnistäminen työaikana on enemmänkin kuin vain suotavaa, jotta loppupaperit valmistuisivat työn tahdissa.

#### Tasaisuuden mittaus

- Varsinaisesti työmaata koskevaa rakennuttajan esitystä täydentävää ei minulla ole tässä kohdin esitettävänä, mutta "terävälle päälle" sitä vastoin olisi toivomus, että tasaisuudesta yleensä suoritettaisiin ensi tilassa tutkimus, jossa selvitettäisiin keskimääräisen tasaisen juuri päällystetyn tien tasaisuus. Tutkimuksella löydettäisiin pohja tasaisuuden tasapuoliselle arvostukselle, koska työselityksenkin mukainen tie tulkitaan joissain tapauksissa valtavan epätasaiseksi.

#### Työmaakokoukset

- Olemme todenneet työmaakokoukset hyödyllisiksi jo pelkästään yhteishenkeä luovina tapaamisina, vaikka niissä useinkin asiapuoli jää suppeaksi, jos niitä pidetään kovin usein.



- Tärkeintä ehkä ko. kokouksissa olisi, että niissä pystyt-  
täisiin sopimaan asiat niin pitkälle, että lopputarkastus-  
ten ei tarvitsisi puuttua niihin kuin yhteenvetomielessä  
korkeintaan.

#### Virheluettelot

- Ehdottomasti katsoisin, että virheluettelot on esitettävä  
urakoitsijan vastaavalle mestarille ennen hänen poistumis-  
taan kohteelta, jotta hän voi eliminoida ne viat, jotka  
katsoo kannattaviksi korjata tms. Tehdyistä korjauksista  
on tehtävä maininta ko. luetteloon.

- Virheluettelon hyväksyttäminen urakoitsijan edustajalla  
on ennenaikainen toimenpide, sillä virheiden inventoimi-  
nenhan kuuluu lopputarkastukselle. Korkeintaan allekirjoit-  
us urakoitsijalta ko. luettelon näkemisen vakuudeksi.

#### Valmistumisilmoitus

- Ehdotan sideaineen käytön yms. täydellisen selvityksen  
merkitsemistä ko. lomakkeen lisätietoja ja huomautuksia  
kohtaan esim. muodossa:

Säiliössä ollut työn alussa		kg
Raaka-aineen toimittajalta tullut 1.		kg
(laaduittain esim. B 80, B 120 jne) 2.		kg
	3.	kg
	4.	kg
Yhteensä käytettävissä kohteella		kg
Kohteessa käytetty	1.	kg
(töissä 1, 2, 3 jne)	2.	kg
	3.	kg
	4.	kg
Yhteensä käytetty		kg
Lopussa jäänyt säiliöön		kg

Työt 1, 2, 3, jne tarkoittavat sitä, että työ no 1 = urakka-  
sopimuksen työt. Työt 2, 3 jne urakan ulkopuolisia TVL:lle  
tehtyjä, joihin käytetty sideaine halutaan hyvittää tässä  
yhteydessä.

- Kylmissä massoissa esiintyvän työselityksen epätarkkuuden toivon poistuvan tulevaan kauteen mennessä, sillä päällystyskaudella -70 melkein kaikilla kohteilla TVL:n edustajat väittivät mm. alkuun, että ei vedestä maksettaisi levityspäässä. Asiahän selviäisi yleisesti parilla täsmennyksellä: levitetty massa = määrän levitetyn massan määrä

Sideainepitoisuus (kulutus) =  $\frac{\text{käytetty sideainemäärä}}{\text{kuivan öljysoran määrä}}$

Em. käytäntö edellyttää siten vesipitoisuuden päivittäistä kirjaamista.

- Sarakkeeseen lämpötilat ei saa käsitykseni mukaan tuoda hylätyn massan lämpötila-arvoja, koska siihen on tarkoitettu lähinnä kirjattavaksi levitettyjen massojen lämpötilat.

Haluan tässä lopussa vielä todeta sen, ettemme me urakoitsijat (uskoisin ainakin) tahallisesti pyri huonoa työtä käsitämme laskemaan ja toisaalta ette Te valvojina piireissänne varmastikaan hyödy sakkojen suuruudesta vaan siitä, että se tehty tie kestää mahdollisimman hyvin.



T I E N P Ä Ä L L Y S T Y S T E K N I I K K A

INS. MIKKO PRÖKKINEN a)  
RKM. ANTTI SAARINEN b)

XIII M I T T A U K S E T J A R A P O R T I T  
P Ä Ä L L Y S T Y S T Y Ö M A I L L A

## XIII b MITTAUKSET JA RAPORTIT PÄÄLLYSTYSTYÖMAALLA

Tässä kirjoituksessa selvitetään niitä ilmoituksia ja kirjanpitoa yleensäkin, mitä päällystystyömailla joudutaan tekemään. Niitä kaikkia ei käydä tässä yksityiskohtaisesti läpi, koska niistä jokaisesta on olemassa omat täyttöohjeensa, vaan pyritään selvittämään niitä kohtia, joiden täytössä on eniten esiintynyt kirjavuutta. Maatutkimustoimistoon tehtäviä ilmoituksia ei ole tarkoitus tässä yhteydessä käsitellä.

## 1. PÄIVÄILMOITUKSET

Säännöllisesti joka päivä tehtävä päiväilmoitus tehdään lomakkeelle TVH 2.812. Se täytetään jokaisesta työvuorosta erikseen. Täytössä huomioitava mm:

## 1.1 Massanvalmistus

Jokainen työvuorossa valmistettu massalaatu tulee merkitä omalle rivilleen. Annoksen tai kuorman painomerkkitsemistapana käytetään koko sekoitusaseman ajan samaa urakoitsijan kanssa aloituskokouksessa sovittua menetelmää. Annossekoitajaperiaatteella toimivilla sekoitusasemilla luetaan mieluummin annokset, ellei autovaakaa ole käytössä. Kun massaa joudutaan hylkäämään, on merkittävä myös hylkäämisen syy, esimerkiksi huonosti sekoittunutta 10 tn, liian kuumaa 5 tn ( $195^{\circ}\text{C}$ ), liian kylmää 5 tn ( $110^{\circ}\text{C}$ ). Ellei sitä varten varattu sarake riitä, voidaan teksti viedä x:llä huomautussarakkeeseen tai peräti kääntöpuolelle.

## 1.2 Vaakojen tarkistukset

Vaakojen tarkistusmenettelystähän sovitaan aloituskokouksessa. Ohjekirjasessa olevat ohjeet edellyttävät vain työn alkuvaiheessa ehdotonta, kerran työvuoron alussa tapahtuvaa vaakojen tarkistusta loppuosan ollessa tulkinvaraisempaa.



Tämä on aiheuttanut useampia erimielisyyksiä urakoitsijan kanssa, varsinkin jos tarkistusajomatkat ovat olleet pitkiä. Käsittääkseni tulkinnan suorittaa ainoastaan ja yksinomaan I-paikallisvalvoja. Miten tämä tulkinta on oikea riippuu tietenkin tämän paikallisvalvojan ammattitaidosta. Osittain voi tietenkin myös vallitseva ilmapiiri urakoitsijan ja rakennuttajan kesken vaikuttaa puoleen tai toiseen.

### 1.3 Massan raaka-aineet

Aloituskokouksessa on sovittu käytetyn sideaineen mittaus-tavoista työvuorojen loputtua, joten ko. sarakkeissa käytetään mitattuja tuloksia. Sideaineen mittausmahdollisuuksissa olisi toivomisen varaa, koska varsinkin käytettäessä jostakin syystä pieniä sideainemääriä työvuorossa, on mittaus-tarkkuus yleensä aika olematon. Vaikka sekoitusasemalle saapuneesta sideaineesta pidetään tässä kohdassa verrattain selvää merkitsemistä, niin siitä huolimatta suosittelisin vielä käytettäväksi erillistä vihkosta, johon kirjattaisiin vielä tarkemmin tapahtumat sideaineen tuonnista, mahdollisista palautuksista, toimituksissa sattuneista häiriöistä ja niiden syistä. Samoin olisi syytä tehdä sekoitusasemalle tuodusta täytejauheesta (Filleri) osalta.

### 1.4 Massan levitys

Tässä on huomattava, että työvuoro katkaistaan puolesta välistä poikki, jolloin kirjataan tielle levitetty massamäärä ja päällystetty neliömetrimäärä. Koska mittaus ei tässä työvaiheessa vielä ole kovin tarkka, niin liittymien ja risteysten neliömetrimäärissä tulee helposti virheitä. Nämä voi tarkistaa loppumittauksen yhteydessä, kunhan päivittäisistä mittauksista on tapahtumat kirjattu omaan apuvihkoonsa.

### 1.5 Massanäytteet

On huolehdittava, että laboratoriotulokset saadaan ohjeiden mukaisessa ajassa valmiiksi ja näin arvosteltavaksi mahdol-

lisia toimenpiteitä varten.

#### 1.6 Liimaus

Aloituskokouksessa on sovittava siitä, että tapahtuuko laskutus liimauksessa käytettävästä sideaineesta rakennuttajan kautta vai ei. Jos tapahtuu, niin silloin on hyvä käyttää apuvihkoa kuten muissakin sideaineissa.

#### 1.7 Muut tiedot työvuoron aikana

Keskeytysten syistä ja niiden pituudesta pitäisi eritellä ainakin sade, koneiden korjaus, sideaineen odotus.

Huomautussarakkeessa on tarkoitus selventää jotain em. kohdissa ollutta epäselvän tuntuista asiaa.

### 2. PUOLIKUUKAUSITTAIN TEHTÄVÄ ILMOITUS

Jokaiselta sekoitusasemalta tehdään puolikuukausittain ilmoitus tehdyistä työmääristä, jonka perusteella urakoitsija laatii laskun rakennuttajalle. Ilmoitus tehdään lomakkeelle TVH 2.819. Lomakkeessa käytettävä urakan numero saadaan urakkasopimuksesta esim. III A. Kohdassa: "Valmistettu päällystettä ja päällystemassaa" on sarakkeessa tunnus/laatu tarkoitus käyttää valmistetun päällysteen laatumerkintää esim. SAb 20/120 ja, milloin selvyys niin vaatii, on hyvä myös käyttää vielä tunnusmerkintääkin esim. 125/SAb 20/100. Eri tunnuksella olevat sekä eri tyyppiset päällysteet merkitään jokainen omaan pystysarakkeeseensa.

Kukin eri yksikköhinnan omaava päällystelaatu merkitään omaan pystysarakkeeseensa. Yksikköhintaa laskettaessa on otettava huomioon, onko maatutkimustoimiston antamat sideaineet ja kalkkifilleriprosenttimäärät samat kuin urakkatarjouspyyntöasiakirjoissa, ellei ole, niin tällöin on otettava huomioon näiden muutosten aiheuttamat hinnanmuutokset. Myös ajomatkojen muuttuessa aiheutuu yksikköhintoihin näistä muutoshintoja. Lopullista yksikköhintaa laskettaessa on hyvä käyttää omaa aputaulukkoa, ettei mikään siihen vaikuttava tekijä pää-



se unohtumaan.

**Päivämääräsarakkeet:**

Lomakkeessa on varattu jokaiselle päivälle oma rivinsä. Sekoitusasemalta tehtävien töiden päätyttyä ei ole syytä tehdä valvontalomaketta n:o 2 ennen kuin on saatu lopulliset työmäärät varmistettua. Jos kuitenkin tulee sitä ennen kuukauden 15. tai viimeinen päivä, jolloin se urakkasopimuksen mukaan pitää tehdä, niin on syytä urakoitsijan kanssa sopia, paljonko päiväilmoitusten perusteella saaduista työmääristä jätetään tässä yhteydessä ilmoittamatta siihen asti kunnes tarkistusmittaus on suoritettu loppuun asti. Tällöin välttään ikäviltä takaisinperimisiltä ja näin saadaa paperit pysymään selvempinä.

**Urakoitsijan saatavat:**

Urakoitsijan kokonaissaatavasta pidätetään työajan vakuus 5 % ja, jos urakoitsijalle on maksettu ennakkomaksua, niin tämän takaisinperimiseksi pidätetään 10 %. Nämä kumpikin pidätysmäärä lasketaan urakoitsijan kokonaissaatavasta. Jokaisesta urakoitsijan ennakkomaksun takaisinperintäerästä on hyvä pitää kirjanpitoa, jolloin voidaan varmistua siitä, että milloin se on kokonaisuudessaan takaisin peritty. Vasta näiden toimenpiteiden jälkeen suoritetaan ilmoituskaute-na käytetyn sideaineen hinnan vähennys, joka momentoidaan piirikonttoreissa Evv-tilille/Neste. Rahtikustannukset urakoitsijat suorittavat suoraan sideaineen kuljettajayhtiölle, joten niitä ei vähennetä. Valvontaohjeissa on mainittu kenelle tätä ilmoitusta pitää lähettää. Muutkin siitä saattavat olla kiinnostuneita, esim. ao. työmaan vastaava mestari.

**3. TYÖMAALLA PIDETTÄVÄT PÄIVÄ- JA PÖYTÄKIRJAT**

Päällystystyömailta varten on tehty oma päiväkirjansa, jonka numero on TVH 15.525. Kutakin työvuoroa kohti on tarkoitus tästä kirjasta täyttää vähintään yksi sivu. Vaikka kirjassa on selvät täyttöohjeet, niin käydään niitä nyt kuitenkin

pääpiirteittäin läpi:

Kohta 2:

Tässä kohdassa ilmoitetaan minne massa on vedetty, aloittamis- ja lopettamisajat, työkohteen valmistumisajat, keskeytykset, ellei ne käy selville valvontalomakkeesta n:o 1.

Kohta 3:

Tässä kohdassa annetaan mahdolliset muutosmääräykset. On kuitenkin huomattava, että urakkasopimuksesta poiketen ei työmaalla ole mahdollisuus muutoksia tehdä. Asia, joka tässä kohdassa tulee kysymykseen, on yleensä kiireellinen, jonka käsittelyä ei työmaakokouksessa ennätetä toimittaa. Käsitykseni on, ettei tätä kohtaa I-paikallisvalvoja juuri lainkaan voi käyttää, vaan työn ylivalvojat ovat sellaisessa asemassa, jotka voivat pieniä muutosmääräyksiä tehdä.

Kohta 4:

Tässä kohdassa annetaan tiedoksi urakoitsijalle ne muistutukset, jotka työn suorittamisesta tai valmiista työstä on tarpeen antaa. On huomattava, ettei suullisilla puheilla ole jälkikäteen mitään todistusarvoa, jos sitä jälkikäteen tarvittaisiin.

Kohta 5:

Tämä kohta on varattu urakoitsijan huomautuksille työn kuluista.

Kohta 6:

Tässä kohdassa mainitaan, ketkä ovat käyneet tarkastus- tai vierailukäynnillä työmaalla. Käsittääkseni tämänkin kohdan täyttää I-paikallisvalvoja eikä vierailija.

Kohta 7:

Tämä on varattu selventäville huomautuksille edellisiin kohtiin.

Yleensä lomakkeiden tarkoitus on täydentää toinen toistaan, joten samojen asioiden kirjaamista eri lomakkeisiin tulee välttää. Tämän päiväkirjan tärkein tehtävä on, että siitä saa selville työmaalla sattuneet erikoistapaukset, jotka



tavalla tai toisella saattavat tulla uudelleen esille.

### Mittauspöytäkirjat

Sikäli kun työt edistyvät on syytä aloittaa tarkistusmittaukset tehtyjen työmäärien toteamiseksi. Mukana tulee olla urakoitsijan edustaja, mutta ellei sitä pyynnöstä huolimatta siihen saada, se ei ole esteenä mittauksien suorittamiselle. Tämä poikkeustilanne tulee tietenkin näkyä päiväkirjasta sekä mittauspöytäkirjasta. Mittauspöytäkirja laaditaan normaalin pöytäkirjan muotoon. Mitattaessa päällysteen leveyttä on huomioitava, että suurin mitattava leveys on enintään tilattu päällysteen leveys, jolloin mittauksen alkupisteestä lähtien merkitään se matka, jonka leveys täyttää tilatun määrän, ja kun se ei sitä täytä, niin sen jälkeen se katkaistaan ja uudelle riville merkitään se paaluväli, jossa on leveydessä alitusta. Näin jatketaan mittaus loppuun asti. Mittauspöytäkirjan allekirjoittavat rakennuttajan ja urakoitsijan edustajat. Ellei urakoitsijan edustaja ole mukana ollut, niin kaksi mittauksessa ollutta henkilöä.

### Päällysteen tasaisuuden mittaus

Tasaisuusmittaus suoritetaan sadan metrin jaksoissa, mutta en näkisi tarpeelliseksi mittauspöytäkirjassa kirjata sellaisia jaksoja, joissa ei esiinny sallitun rajan ylittäviä epätasaisuuksia. Tällöin pöytäkirjassa näkyisi vain se paaluväli, missä mittaus on suoritettu sekä ne 100 m:n jaksot, joissa esiintyy sallitun rajan ylittäviä epätasaisuuksia. Epätasaisuuden paikka tulee tarkentaa paaluluvulla.

### Työmaakokoukset

Työmaakokouksissa käsiteltävät asiat ovat valvontaohjeissa selvästi määrätty. Lisänä voisi mainita, että olisi hyvä kokouksessa käsitellä työmaan turvallisuustarkastusten menettelytavoista sekä ilman ja pohjavesien saastumisen ehkäisytöimenpiteistä. Yleensä kaikki työssä tulleet selvittämättö-



mät asiat pitää ottaa työmaakokouksessa esille, elleivät ne ole aivan selvästi lopputarkastuksen yhteyteen kuuluvia asioita.

### Virheluettelo

Työn lopputarkastusta varten on tehdystä työstä laadittava virheluettelo. Vaikka on tarkoitus tehdä yksityiskohtainen luettelo urakoitsijasta johtuneista työvirheistä, ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukaista ottaa tähän luetteloon sellaisia virheitä, jotka eivät vaikuta mitenkään päällysteen kestoikään eikä liikenneturvallisuuteen. Virheluettelossa voisi ryhmitellä erilaatuiset virheet omiin ryhmiinsä, jolloin sen lukeminen on helpompaa. Virheluetteloa tehtäessä ei tarvita mukana urakoitsijan edustajaa, mutta urakoitsijan edustajan mukanaolo ei ole asialle pahitteeksi, koska tällöin välttytään siltä ikävältä tunteelta, että tämä laaditaan salamyhkäisesti. Virheluettelon teon jälkeen on hyvä, jos urakoitsijalla on mahdollisuus vielä korjata haluamiaan virheitä. Virheluettelossa on tietenkin tällöin mainittava korjaustoimenpiteistä ja niiden aiheuttamasta tuloksesta, onko se ollut positiivinen vai negatiivinen.

### Valmistumisilmoitus

Urakkaan kuuluvien töiden tultua loppuun suoritetuiksi tehdään työstä yhteenveto lomakkeelle TVH 2.900. Työn aikana käytetyistä lomakkeista ja muusta kirjanpidosta saadaan tarvittavat tiedot valmistumisilmoitusta varten.

Täyttämisessä huomattavaa:

Sopimuksen mukainen työaika on sama kuin se urakkasopimuksessa kulloinkin on ilmoitettu, ellei sitä ole työmaakokouksissa urakkasopimuksen suomien mahdollisuuksien rajoissa muutettu. Sideaineen hinnan osuutta vähennettäessä on erikaisesti tarkkailtava, että vähennys on tarkalleen sama summa, minkä rakennuttaja joutuu Neste Oy:lle edelleen maksamaan.



Massamääriä ilmoitettaessa on syytä huomioida, että valmistettu massamäärä pitää olla yhtä suuri kuin levitetty massamäärä ja hukkamassamäärä yhteensä. Todellista käytettyä sideainemäärää laskettaessa kylmissä päällysteissä on koko valmistetusta massamäärästä vähennettävä ensin vesimäärän paino, kun taas massan menekkiä  $\text{kg/m}^2$ :lle laskettaessa sen paino pidetään mukana. Täytejauheen menekkiä laskettaessa vähennetään koko massamäärästä ensin siihen käytetty sideaineen määrä. Lomakkeen keskiaukeamalla olevassa Lisätietoja ja huomautuksia -sarakkeessa esitetään edellä oleviin täydentäviä tietoja, kuten urakkaan kuuluvasta sideaineesta tehdyt massatonnit ja niihin käytettyjen sideaineiden määrät. Urakkasopimuksen ulkopuolella tehtyjä työmääriä ei voida maksutoimenpiteitä varten tähän valmistumisilmoitukseen kirjata, ellei niistä ole urakkasopimuksen mukaisessa järjestyksessä ja sen yksikköhintoja noudattaen työmaakokouksessa erikseen sovittu tehtäväksi ko. urakan yhteydessä. Puolityövuorottain todettuja massamääräalituksia merkittäessä on syytä huomioida, että on kysymyksessä massamäärän alitus eikä käytetty massamäärä. Mitattuja massan lämpötilarajoja merkittäessä voidaan merkitä suurimmat ja pienimmät mitatut lämpötilat, mutta jos nämä ylittävät sallitut rajat, on tietenkin silloin myös hukkamassaa esiinnyttävä.

Epätasaisuuden suuruutta merkittäessä on huomattava, että siinä kysytään ylityksen suuruutta, eikä koko epätasaisuuden suuruutta. Vieressä olevassa huomautussarakkeessa mainitaan, jos urakoitsija on mittauksen jälkeen korjannut ko. epätasaisuutta ja mikä on mahdollinen ylitys korjauksen jälkeen. Valmistumisilmoitus on pyrittävä hyvissä ajoin saamaan valmiiksi ennen työn lopputarkastusta. Urakoitsijan allekirjoitus tulee saada kaikkiin tarvittaviin papereihin ennen lopputarkastusta, muutoin siellä on odotettavissa jotain hankaluuksia allekirjoittamattomien papereiden osalta.

Tässä on nyt, kuten alussa mainitsin, käyty päällystystyömaan ilmoitus ja kirjanpidon kohtia lävitse niiltä osin, mitä niissä puutteita yleisimmin esiintyy. Toivon mukaan

saadaan täyttötapoihin yhdenmukaisuutta, jolloin eri tul-  
kintatavoista johtuvat erimielisyydet rakennuttajan ja  
urakoitsijan välillä vähenevät.



TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

APUL.INS. SEPPÖ SORMULA

XIV YMPÄRISTÖN SUOJELU JA  
TYÖTURVALLISUUS

## XIV YMPÄRISTÖN SUOJELU JA TYÖTURVALLISUUS

## 1. TYÖNANTAJAN JA VIRKAMIEHEN VASTUU

Päävastuun työturvallisuudesta kantaa työnantaja. Työturvallisuuslain 9 §:n mukaan työnantajan on tarkoin otettava varteen kaikki, mikä työn laatuun, työolosuhteisiin, työntekijän sekä sukupuoleen, ammattitaitoon ja hänen muihin edellytyksiinsä katsoen kohtuudella on tarpeellista työntekijän suojelemiseksi joutumasta työssä alttiiksi tapaturmille tai saamasta työn johdosta haittaa terveydelleen. Työpaikalla toimivat työnantajan eriasteiset esimiehet voivat vaikuttaa työturvallisuuteen ja ovat vastuussa työturvallisuudesta niiden valtuuksien puitteissa, jotka heillä on linjaorganisation jäsenenä. Työnantajan edustaja vastaa pääsäännön mukaan henkilökohtaisesti työssä sattuneista tapaturmista vain jos hän on sen tuottanut. Vain tällä edellytyksellä hän on velvollinen korvaamaan syntyneen vahingon. Jotta jonkin toimen suorittamatta jättäminen voidaan lukea työnantajan edustajalle syyksi, on sen suorittaminen kuuluttava hänen velvollisuuksiinsa.

Edellä mainittu koskee pääosaltaan myöskin virkamiehen vastuuta työturvallisuudesta. Varatuomari Kalevi Sädeluodon mukaan valtion vastuu virkamiestensä tekemistä virheistä poikkeaa jossakin määrin yksityisoikeudellisten oikeushenkilöiden vastuusta. Virkamiehen vastuulain mukaan ei valtion vastuu vahingosta, jonka virkamies lainvastaisella menettelyllään kolmannelle henkilölle on aiheuttanut, ole riippuvainen siitä, onko vai ei nimittävän virkamiehen viaksi virkamiestä virkaan valittaessa jäänyt tuottamus, ei myöskään siitä, onko virkamiestä asianmukaisella tavalla valvottu vai ei. Ainoastaan yksityisoikeudellisessa suhteessa valtioon olevan työntekijän menettelystä valtio vastaa, jollei häntä ole valittu huolellisesti tai hänen työtään ole asianmukaisesti ohjattu tai valvottu. Edellä mainittu suurin piirtein selkeäkieliseksi muunnettuna tarkoittaa sitä, että virkamies vastaa työturvallisuuden laiminlyönnistä. Työsopimussuhteiset ovat poikkeusasemassa mutta nähtävästi "näennäisesti", sillä vastuuasemassa olevien henkilöiden velvollisuuksiin katsotaan kuuluvan työturvallisuusasioiden tuntemus ja ellei näin ole siirtynyt vastuu työsopimussuhteisen esimiehelle,



virkamiehelle.

### Vastuun siirto

Edellä käsitelty koskee virkamiehen vastuuta TVL:n omilla työmailla. Mikäli on kyseessä urakatyö kuten tienpäällystysurakka, jolloin samalla työmaalla on sekä TVL:n että urakoitsijan työntekijöitä, joudutaan soveltuvin osin noudattamaan rakennustyön järjestysohjeita. Järjestysohjeiden toisessa luvussa on mainittu seuraavaa: "Rakennustyömaalla samanaikaisesti toimivien työnantajien on näiden ohjeiden määräyksiä täyttäessään toimittava yhdessä. Tällaisen toiminnan tulee tapahtua pääurakoitsijan tai sitä vastaavan työnantajan aloitteesta, jollei toisin ole sovittu tai olosuhteista muuta johdu". Edellä olevan perusteella voidaan esim. aloituskokouksessa sopia siitä kuka vastaa työturvallisuustoiminnasta. Vastuun työturvallisuudesta esitän jaettavaksi siten, että urakoitsija vastaa kaikista koneista, laitteista, korjausvälineistä ym. työvälineistä, että nämä täyttävät työturvallisuuslain vaatimukset ja muut työturvallisuuden parantamiseksi annetut ohjeet. Samoin urakoitsija vastaa omien työntekijöittensä työturvallisuudesta. Urakoitsijan tulisi myöskin vastata rakennuttajan työntekijöiden työturvallisuudesta niiden töiden osalta, mitä valvojat joutuvat välttämättä valvontatyöhön kuuluvana suorittamaan urakoitsijan laitteistossa tai urakoitsijan työvälinein (esim. sideainemäärän tarkastus säiliöstä). Edellä mainittu vastuunsiirto ei nähtävästi ole täysin työturvallisuuslain mukainen, sillä työturvallisuuslain 1 §:n mukaan lakia sovelletaan työhön, jota työntekijä sopimuksen perusteella vastikkeesta tekee työnantajalle tämän johdon ja valvonnan alaisena. Koska edellä mainittu vastuun siirron oikeellisuus on epäselvä esitän kyseisen siirron tehtäväksi kirjallisena aloituskokouksessa ja työn aikana tulee erikoisesti kiinnittää huomiota niihin kohtiin tai alueisiin koneista, joiden läheisyydessä valvojat joutuvat liikkumaan tai välineisiin, joita joutuvat käyttämään. Valvojien tulee suorittaa kirjalliset huomautukset työmaapäiväkirjaan mikäli toteaa työturvallisuutta vaarannettavan ja milloin vaarannetaan kolmannen henkilön turvallisuutta tai rakennuttajan omien työntekijöitten turvallisuutta tulee välittömästi vaatia kyseinen seikka korjattavaksi. Edelliseen kuuluu myöskin liikenneturvallisuus, ympäristön suojeleminen (pöly-, melu- ja öljyvahingot). Öljyvahinkojen sattuessa



tulee välittömästi toimia turvallisuusohjeitten edellyttämällä tavalla sekä suorittaa ilmoitukset paikalliselle poliisille, palokunnalle sekä vesipiirin vesitoimistolle.

## 2. VASTUUN SIIRTÄMINEN

Voimassa oleva lainsäädäntömme ei suoranaisesti tunne vastuun siirtämistä. Milloin vastuu voidaan siirtää, kenelle se voidaan siirtää, kuinka laaja se voi olla sisällöltään, missä muodossa siirto on suoritettava? Mainitut kysymykset ovat jääneet oikeuskäytännön varaan. Vastuukysymys ratkaistaan Suomessa in casu, siis kussakin tapauksessa erikseen kulloinkin vallitsevat olosuhteet huomioon ottaen. Meillä ei tarvita minkään viranomaisen myönnytystä, kuten taas toisissa maissa tarvitaan. Henkilöllä, jolle vastuu siirretään tulee olla oikeus käyttää työnantajalle kuuluvaa valtaa ja oikeutta. Hänellä tulee olla oikeus itsenäisiin ratkaisuihin työturvallisuuskysymyksissä ja myös näiden ratkaisujen aiheuttamien toimenpiteiden toteuttamiseen. Tällöin yksityisessä teollisuudessa lähinnä käyttöpäällikkö, teknillinen johtaja, isännöitsijä, paikallisjohtaja tms. samanlaisessa asemassa oleva henkilö omaa tuotantolaitoksen puitteissa tarvittavan valtuuden ja voinee myös tulla kysymykseen vastuuta siirrettäessä. Mikäli ylempi johtoporras, esim. toimitusjohtaja, on pidättänyt itselleen lopullisen oikeuden ratkaisuihin, jäänee vastuu myös hänelle.

Mitään varsinaista muotovaatimusta vastuun siirrolle ei voitane esittää. Tärkeää on, että henkilö, jolle vastuu siirretään, on siitä saanut todisteellisen tiedon. Tämä voidaan suorittaa monella tavoin. Esimerkkinä voitaneen mainita, että eräs osakeyhtiö on johtokunnassaan päättänyt vastuunsiirrosta ja saattanut sen johtokunnanpöytäkirjanotteella henkilön tiedoksi. Suositeltavin muoto vastuunsiirrosta toimitusjohtajalta alemmille johtoportaille lieneekin johtokunnan asiassa tekemä päätös.

Vaikkakaan kirjallinen muoto ei meillä ole välttämätön, on varmin tapa siirtää vastuu kirjallisesti. Lienee syytä vielä todeta, että tehtiinpä vastuunsiirto missä muodossa tahansa, joka tapauksessa on erittäin tärkeää tehdä se todistettavasti. On myös määriteltävä mahdollisimman tarkasti vastuun laajuus ja sisältö.



### 3. OTTEITA TYÖNTEKIJÄN JURIDISESTA VASTUUSTA TAPATURMANTORJUNTATYÖSSÄ

Työsopimuslain 14 § sanoo, että työnantajan tulee työssä asianmukaisesti ottaa huomioon työntekijän terveyden ja työkyvyn säilyminen. Tällöin vastapainoksi on 15 §:ssä säädetty, että työntekijän tulee ahkerasti ja huolellisesti suorittaa tehtävänsä, välttää työssä kaikkea, mikä voi saattaa hänen tai hänen työtoveriensa turvallisuuden vaarantaiseksi tai turmella työnantajan omaisuutta.

Mikäli työntekijä syyllistyy 15 §:n rikkomiseen, voi työnantaja sovitusta työkaudesta ja irtisanomisajasta huolimatta heti purkaa työsopimuksen. Samoin voidaan menetellä, kun työntekijä tahallaan tai törkeästä huolimattomuudesta turmelee koneita, työkaluja, työaineita, työn tuotteita tai muuta työnantajan omaisuutta. Lisäksi se, joka on edellä mainitulla perusteella purkanut työsopimuksen, on oikeutettu saamaan vahingonkorvausta ikäänkuin jos sopimuskumppani olisi oikeudettomasti rikkonut sopimuksen.

Samoin on työntekijällä oikeus vahingonkorvaukseen, jos työnantaja tai tämän sijainen on syyllistynyt 30 §:n 4. kohdan menettelyyn. Siinä sanotaan, että sovitusta työkaudesta ja irtisanomisajasta huolimatta on työntekijä oikeutettu heti purkamaan työsopimuksen, jos sovitusta työstä johtuu työntekijän terveydelle haittaa, jota ei ole voitu edeltäpäin arvata.

Työehtosopimukset luovat kullakin alalla tietyn alakohtaisen vastuun sekä työntekijöille että työnantajille. Eri työehtosopimuksissa voidaan ottaa huomioon kunkin alan erikoispiirteet. Mikäli työehtosopimukseen otettu esim. työturvallisuusmääräys aiheuttaa tulkintavaikeuksia, voidaan asia alistaa viime kädessä työtuomioistuimeen vanvistuskanteella. Työehtosopimusmääräyksen rikkomisesta on taas säädetty hyvityssakko.

Tapaturman torjuntatyön peruslakina voidaan pitää työturvallisuuslakia. Se käsittelee varsin laajasti sekä työnantajan että työntekijän velvollisuuksia. Työntekijän velvollisuuksista sanotaan, että hänen on tarkoin noudatettava, mitä hänen velvollisuudekseen työturvallisuuslaissa ja sen nojalla

annettavissa järjestysohjeissa määrätään. Hänen on noudatettava laissa mainittuja suojeluohjeita ja käytettävä hänelle tapaturmien ja terveyden haitan estämiseksi määrättyjä suojeluvälineitä sekä muutenkin noudatettava työssä tarpeellista varovaisuutta. Työnantajan ja työntekijän on yhteistoiminnassa pyrittävä ylläpitämään ja tehostamaan työturvallisuutta työpaikalla. Vikojen ja puutteellisuuden ilmetessä työntekijän on viipymättä ilmoitettava siitä työnantajalle tai tämän edustajalle. Rangaistus sanktiosta mainittakoon, että jos joku luvattomasti tai ilman pätevää syytä poistaa tai turmelee tapaturman tai sairastumisen vaaran välttämiseksi tarkoitetun laitteen taikka ohjeen - tai varoitusmerkinnän, häntä voidaan rangaista sakolla tai, jos asianhaarat ovat raskauttavia, vankeudella enintään 6 kuukaudeksi, jollei teosta muualla laissa ole ankarampaa rangaistusta säädetty.

Niissä tapauksissa, jossa tapaturman torjuntatyö ei ole johtanut tulokseen tulee työsuhteissa sovellettavaksi tapaturmavakuutuslaki. Vastuu kohdistuu vahingoittuneeseen siinä muodossa, että oman tuottamuksen aste työtapaturmassa aiheuttaa tietyn suuruisen vähennyksen tapaturmakorvauksesta. Korvausta ei suoriteta lainkaan vammasta, jonka työntekijä on aiheuttanut itselleen tahallisesti. Korvaus voidaan evätä tai sitä vähentää, jos tapaturman syynä on ollut työntekijän törkeä huolimattomuus tai jos työntekijä tapaturman sattuesssa on toiminut vastoin käytännössä noudatettuja, asianmukaisesti vahvistettuja järjestysohjeita tai työsäätöjä tai esimiehensä tapaturman välttämiseksi antamia, työpaikalle julkipantuja tai muuten todistettavasti tiedotettuja määräyksiä.

#### 4. YMPÄRISTÖN SUOJELU

Pohjavesiolosuhteet ja vesien suojelu tulee tulevaisuudessa vaikuttamaan entistä enemmän asemapaikan valintaan. Vaikka asema-alue on jo ennalta pyritty valitsemaan sekä pohjavesiolojen, että maanlaadun osalta sopivaksi, joudutaan asemalla terveydenhoitolautakunnan ja vesipiirien vaatimuksesta suorittamaan suojatoimenpiteitä. Turvallisuus- ja varoitusohjeissa mainittujen toimenpiteiden lisäksi joudutaan vaatimuksesta suojaamaan ne alueet asemapaikalla, joilla käsitellään pohjavesien kannalta vaarallisia aineita suo-



jaamaan sitkeällä ja kestäväällä muovikalvolla tai vastavalla sekä ko. eristeen päälle joudutaan vielä ajamaan noin 20 cm:n suojamaakerros hiekkaa tai soraa. Säiliöiden osalta suojatoimenpiteenä tulee kysymykseen varsin usein säiliöiden sijoittaminen erityiseen vallitilaan tai altaaseen. Suomalaisten urakoitsijoiden suorittaessa vuonna -66 päällystystöitä Ruotsissa, jouduttiin polttoöljy ym. vastaavat säiliöt asentamaan altaaseen, jona käytettiin teräslevystä hitsattua helposti siirrettävää allasta.

Mikäli öljyvahinkoja sattuu, tulee välittömästi toimia edellä mainittujen ohjeitten edellyttämällä tavalla. Öljy on pyrittävä poistamaan välittömästi (ei odoteta työmaakokousta). Vapaana oleva öljy voidaan imeyttää ja öljypitoinen maa on välittömästi kuorittava pois. Öljyjätteet on pyrittävä saamaan sellaiseen paikkaan missä ko. öljypitoinen maa ei aiheuta haittaa pohjavesille ja ympäristölle. Paras tilapäisratkaisu on ohjeiden esittämä maakuoppa, joka on eristetty muovikelmulla ja suojamaalla. Usein kuntien kaatopaikat eivät sovi öljyjätteille. Voimassa olevissa laeissa ei ole säännöksiä, jotka määräisivät, miten öljyjätteiden suhteen on meneteltävä. Eri lait sisältävät kieltoja siitä, mihin öljyjätteitä ei saa panna. Ainoa säännös, jonka voidaan katsoa antavan ohjeita myös siitä, miten öljyjätteitä on käsiteltävä on terveydenhoitolain 61 §, jonka mukaan roskat, talousjätteet ja teollisuudesta tai muusta siihen verrattavasta toiminnasta kertyvät jätteet sekä muut jäteaineet on siten kerättävä ja käsiteltävä, ettei niistä aiheudu terveydellistä haittaa. Tämäkään säännös ei kuitenkaan sisällä määräystä siitä, mihin jätteet on pantava. Terveydenhoitolain 64 §:n 1. momentin mukaan on kaupungin ja kauppalan sekä maalaiskunnan, jossa on väestökeskus järjestettävä tarpeellinen määrä kaatopaikkoja jätteitä varten. Kaatopaikka ei kuitenkaan ole sopiva paikka öljyjätteille, koska ne saattavat sieltä tunkeutua pohjaveteen ja aiheuttaa sen pilaantumisen. Muuallekaan ei öljyjätteitä saa panna ilman lupaa ja erityistoimenpiteitä, koska ne aina voivat pilata maaperää tai pohjavettä. Niiden kemiallinen käsittely ei myöskään ole sillä tavoin mahdollista, että ne saataisiin vähin kustannuksin täydellisesti tuhotuksi. Ainoa tehokas keino öljyjätteiden vaarattomaksi tekemiseksi on niiden uudistaminen uudelleen käytettäväksi tai polttaminen.



Jaatisen johtama komitea ei ole toistaiseksi antanut ohjetta mihin ilmoitetaan öljyvahingoista. Suurempien öljyvahinkojen sattuessa tulee välittömästi ilmoittaa tapahtumasta palokunnalle sekä vesipiirille. Tätä ilmoitustapaa noudatetaan kunnes edellä mainittu komitea mahdollisesti antaa uusia ohjeita.

Öljyjätteistä mainitaan jäteöljykomitean lakiehdotuksen 5 §:ssä seuraavasti: "Jos öljyjätettä tai öljyä on valunut vesiin tai sellaiseen paikkaan maahan, josta se voi päästä pohjaveteen tai pintaveteen taikka imeytyä maaperään, öljyjätteen tai öljyn omistaja tai haltija on velvollinen ryhtymään toimenpiteisiin vahingon rajoittamiseksi ja öljynsekaisen maan ja veden poistamiseksi sekä vaarattomaksi tekemiseksi.

Mitä 1. momentissa on säädetty on soveltuvin osin noudatettava, jos öljyjätettä tai öljyä on valunut muuhun kuin 4 §:n 2. momentissa tarkoitettuun öljyjätteiden johtamiseen käytettävään viemäriin.

Sen, joka on vahingon aiheuttanut tai joka sen havaitsi on viipymättä siitä ilmoitettava paikalliselle palokunnalle tai poliisille.

Ellei öljyjätteen tai öljyn omistaja taikka haltija huolehdi 1 ja 2 momentissa tarkoitetuista toimenpiteistä, kunta on velvollinen mahdollisuuksiensa mukaan huolehtimaan jätteistä ja oikeutettu perimään kustannukset öljyjätteen tai öljyn omistajalta tai haltijalta.

Mitä edellä 4 momentissa on säädetty kunnasta on yleisten teiden ja lentokenttien osalta tie- ja vesirakennusviranomaisten sekä rautatiealueen osalta rautatieviranomaisten tehtävänä.

Sekoitusasemapaikkojen siivouksen yhteydessä on kaikki öljyjätteet poistettava alueelta ja toimitettava paikkaan, josta jo edellä on mainittu. Mikäli suurempia öljyvahinkoja on tapahtunut, tulee ns. vastaanottotarkastukseen saada mukaan vesipiirin edustaja tai piirin lausunto aiheutuneesta vahingosta, haitta-asteesta ja mahdollisista jälkitoimenpi-



teistä. Edellä mainittu toimenpide on välttämätön sen vuoksi, että poikkeuksetta öljyvahingoista aiheutuvat haitat käyvät ilmi vasta vuosien kuluttua, jolloin on vaikea perää korvausta vahingon aiheuttajalta ja vahinko jää mahdollisesti rakennuttajan korvattavaksi.

Asemien ennakkosuunnittelussa tulisi ottaa huomioon mm. seuraavat tekijät:

Asemapaikat on pyrittävä valitsemaan siten, että ne eivät ole pohjavesialueella. Pyritään valitsemaan asema-alue tiiviille maaperälle (ei parhaaseen soramonttuun). Valitaan alue siten, että öljypitoiset sade- ym. vedet eivät valu ympärillä oleviin avo-ojiin. Mikäli rakennuttaja osoittaa sekoitusasemapaikan siten, että se on pohjavesiesiintymäalueella tai suoja-alueella, tulee tiedot asemasta ja mahdolliset ennako toimenpiteet ilmoittaa urakoitsijalle ja tästä syystä tulisikin ilmoitukset murskaus- ja asfalttiasemapaikoista toimittaa vesipiirien vesitoimistoille turvallisuus- ja varovisuusohjeista poiketen niin ajoissa, että mahdolliset vaaditut toimenpiteet saadaan sisällytettyä urakkaohjelmiin. Vesipiirille tehtävissä ilmoituksissa tulee mainita kaikki ne suunnitellut toimenpiteet, mitä kyseisellä murskaus- tai asemapaikalla tullaan sinä vuonna ja myöskin mahdollisesti seuraavina vuosina suorittamaan, jottei jouduta samasta asemasta vuosittain tekemään ilmoitusta.

Päällystystöiden turvallisuus- ja varovisuusohjeiden 1970 otsikon "Pöly" alla on mainittu TVL:n tutkimussuunnitelmista sekä mahdollisista vaatimuksista vuodelle 1971. Pölypitoisuuden määrittelyyn käytettävän mittalaitteiston hankinnan viivästyminen esti ohjeiden laatimisen, mutta tulevalle kaudelle on kuitenkin olemassa ja käytettävissä laitteet sekä alustava tutkimussuunnitelma. Teknillisen korkeakoulun rakennusinsinööriosasto tulee tekemään tutkimuksen tie- ja vesirakennushallituksen toimeksiannosta ja tutkimuksen aikataulu on pyritty laatimaan siten, että v. 1972 tarjouspyynnöt sisältävät ohjeet ja vaatimusrajat pölymäärän osalta.

TIENPÄÄLLYSTYTEKNIikka

FIL.TRI L K KAURANNE

XV TIENRAKENNUSKIVIAINEKSEN LAATUKYSYMYKSISTÄ



## XV TIENRAKENNUSKIVIAINEKSEN LAATUKYSYMYKSISTÄ

Bitumisten tienpäällystemassojen runkoaineeksena käytetään tavallisimmin erilaisia kivennäisaineita: joko luonnon kiviainesesiintymistä saatuja aineita sellaisenaan taikka eri tavoin jalostettuja, seulottuna, suhteitettuna, murskattuna tai pestynä. Lähtömateriaalin laatu ja käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset määräävät käsittelytavan. Aina ei edellämäinillä käsittelytavoilla pystytä kiviaineksesta kohtuullisin kustannuksin valmistamaan haluttua tuotetta, vaan tien rakennetta on muutettava siten, että käytettävissä olevista materiaaleista aikaansaadaan alkuperäiset vaatimukset mahdollisimman hyvin täyttävä tie.

### 1. KIVIAINESOMINAISUUDET

Kiviaines rakentuu mineraaleista, jotka ovat kiteisiä kemiallisia yhdisteitä. Kallioperämme yleisimmät kivilajit graniitti, gneissit ja dioriitti samoin kuin vähemmän yleiset kiilleliuske, fylliitti, amfiboliitti ja kvartsiitti rakentuvat muutamista harvoista mineraaleista: maasälvistä (keskimäärin n. 60 %), amfioleista (n. 17 %), kvartsista (n. 12 %) ja kiilteestä (n. 4 %). Maasälvät ovat kevyitä, hauraita, helposti sileäpintaisiksi muuriksi lohkeavia mineraaleja; amfibolit ovat painavia, sitkeähköjä, pitkänomaisina rakeina esiintyviä mineraaleja; kvartsi on kevyt, kova mineraali ja kiilteet hyvin ohuiksi levyiksi helposti lohkeavia kimmoisia mineraaleja. Eräät harvinaisemmat mineraalit kuten pehmeä kalkkisälpä ja helposti rapautuvat sulfidit vaikuttavat kivilajin ominaisuuksiin varsin voimakkaasti. Mineraalien paljoussuhteet eri kivilajeissa vaihtelevat, vaikuttaen kivilajin ominaisuuksiin, mutta enemmän ehkä vaikuttavat mineraalirakeiden koko, raemuoto ja rakeiden suuntaus.

Tie ja vesirakennuslaitoksen keskuslaboratoriossa vuosien 1961 - 1968 kuluessa tutkittujen kivilajien laboratorio-  
tutkimusten tietokonekäsittely antoi mahdollisuuden ominaisuuksien

keskinäisten suhteiden vertailuun. Tarkoitus on selostaa tämän tutkimustyön tuloksia.

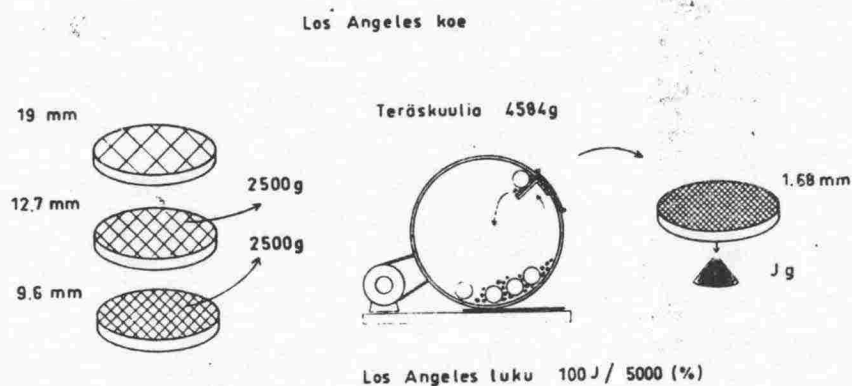
### 1.1 Lujuus

Lujuus on määritetty normien mukaisesti Los Angeles-kokeen ja haurausarvokokeen avulla. Uusina menetelminä on kokeiltu puristus- ja vetolujuuden määrittystä, koemurskausta ja sepelin puristuskoetta.

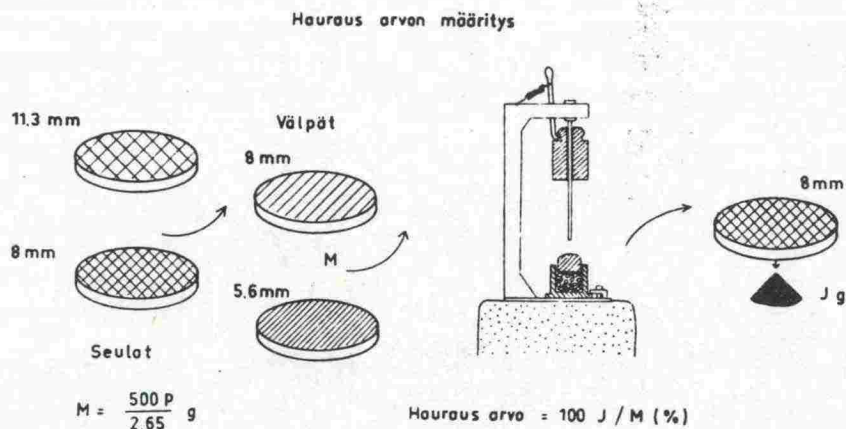
Los Angeles-kokeen (kuva 1) tulokset riippuvat tutkitun lajitteen raakoostumuksesta, rakeiden muodosta sekä tavasta, jolla tutkittava lajite on murskattu. Niinpä asteituksella A (9,5... 38,1 mm) saatiin erässsä koesarjassa tulosten keskiarvoksi 29,6, asteituksella B (9,5 ...19,1 mm) 29,8, mutta asteituksella C (4,76...9,5 mm) 34,5 ja asteituksella D (2,38...4,76) 34,0. Uusissa normeissa ehdotetaan tämän vuoksi käytettäväksi asteitusta B. Tutkittaessa raemuodon vaikutusta havaittiin pyöreärakeisen luonnonsoran olevan lujempaa kuin samasta paikasta saadun samaa kivilajia edustavan murskesoran eli eräässä koesarjassa tulokset B-asteituksella: sora 19,6, murskesora 21,8. Edelleen havaittiin, että kun kiviaines murskattiin laboratorion leukamurskaimella, saatiin heikompi lujuustulos kuin samasta kiviaineksesta kentällä murskattuna, eli useiden satojen näytteiden keskiarvot: soramateriaali kenttämurskaamolta 23,3 ja laboratoriossa murskattuna 26,0; louhittu kiviaines kenttämurskaamolta 23,9 ja laboratoriossa murskattuna 27,8. Murskattavan suuri vaikutus saatuihin tuloksiin olisi otettava myös normeissa huomioon. Viimeksimainitut luvut kuvaavat myös raemuodon vaikutusta. Los Angeles-koe on verraten luotettava laboratoriomenetelmänä, sillä sen suhteellinen analyysivirhe on vain  $\pm 2\%$  luokkaa.

Haurausarvokokeen (kuva 2) tulokset riippuvat samoista tekijöistä kuin Los Angelesluvunkin. Havaittiin, että haurausarvo on sitä suurempi (eli kiviaines kokeen mukaan heikompaa) mitä karkeampi tutkittu lajite on, esim. eräässä graniitilla suoritettussa koesarjassa (5,6...8 mm) 46,2, (8...11,3 mm) 56,4 ja (11,3...16 mm) 57,6. Raemuodon ja raepinnan laadun vaikutus on





Kuva 1. Kiviaineksen kulutuskestävyyden määrittäminen Los Angeles kokeella.

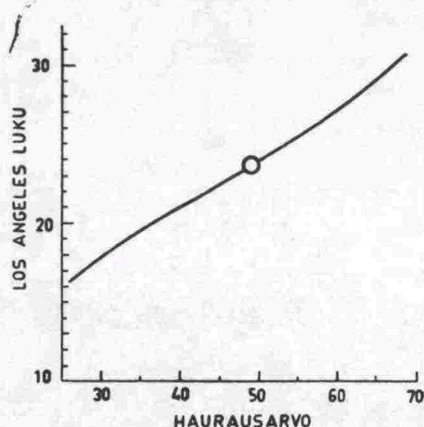


Kuva 2. Kiviaineksen iskunkestävyyden määrittäminen haurauskokeella (p = ominaispaino).

Kuva 1. Kiviaineksen kulutuskestävyyden määrittäminen Los Angeles kokeella.

Kuva 2. Kiviaineksen iskunkestävyyden määrittäminen haurauskokeella (p=ominaispaino).

selvästi suurempi kuin Los Angeles-kokeessa, josta syystä koe-materiaali lajitellaan välppäämällä mahdollisimman samanmuotoiseksi. Murskaustavan vaikutus nähdään seuraavista luvuista: so-ra-aines murskattuna kentällä 49,7 ja murskattuna laboratoriossa 56,4, louhittu materiaali murskattuna kentällä 51,2 ja murskat-tuna laboratoriossa 57,5. Haurausarvokokeen toistettavuus on heikompi kuin Los Angeles-lukumäärittelyksen, suhteellisen virheen ollessa luokkaa  $\pm 5,5\%$ . Tilastollisin menetelmin tehty tutki-mus osoitti Los Angeles- ja haurausarvojen keskinäisen korrelaa-tion tai oikeastaan sen, että ne riippuvat samoista kiven sisäi-sistä tekijöistä, Los Angeles-luvun ja haurausarvon välinen reg-ressio ei ole lineaarinen, vaan noudattaa kuvan 3 esittämää muotoa.



Kuva 3. Lujuuslukujen keskinäinen riip-puvuus murskesoranäytetulok-sista laskettuna.

Lineaariset regressioyhtälöt eri kiviainesryhmillä saivat seuraavan muodon:

		näytteitä kpl
Laboratoriossa murskatut kivet	$LosA=0,3 (Haur-56)+26$	543
Murskesora	$LosA=0,3 (Haur-50)+23$	1 711
Laboratoriossa murskattu louhe	$LosA=0,3 (Haur-58)+28$	678
Sepeli	$LosA=0,3 (Haur-51)+24$	876



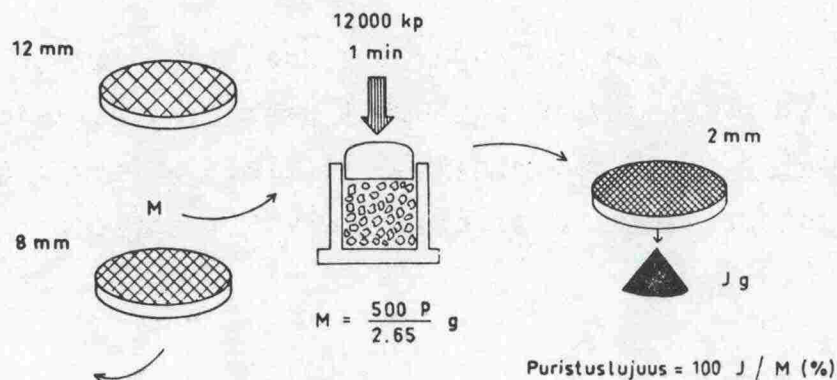
Yhtälöissä esiintyvät a.o. kiviainesryhmien Los Angeles-lukujen ja haorausarvojen keskiarvot.

Molemmilla lujuusluvuilla on niinikään kohtalainen korrelaatio kiviaineksen muotoarvojen kanssa.

Eräissä maissa käytetään kiviainesten luokittelussa määrämittaisten koekappaleiden puristus- ja vetolujuutta. Suoritetut kokeet osoittivat nämä tutkimusmenetelmät karkeiksi: suhteellinen virhe puristuslujuusmäärittelyksillä  $\pm 30 \%$  ja vetolujuusmäärittelyksillä  $\pm 22 \%$ . Puristus- ja vetolujuuksien korrelaatio Los Angeles-luvun ja haorausarvon kanssa oli heikohko. Kiviaineksen kosteudella oli koetuloksiin erittäin voimakas vaikutus.

Englannissa käytetystä 10 % hienoja-menetelmästä muunnettu sepelin puristuskoe (kuva 4) antoi suoritetuissa kokeissa verraten hyviä tuloksia. Tätä menetelmää tulisi ehdottomasti tutkia lisää, sillä se on yksinkertainen ja nopea ja simuloi paremmin tien päällysteeseen kohdistuvia rasituksia kuin Los Angeles-tai hauruskokeet, joiden tuloksiin puristuskoetuloksilla oli voimakas korrelaatio ( $r_{\text{LosA/pur}}=0,86$ ,  $r_{\text{Haur/pur}}=0,84$ ).

Sepelin puristuslujuuskoe

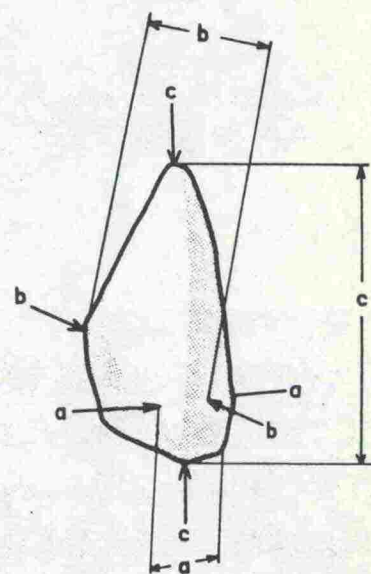
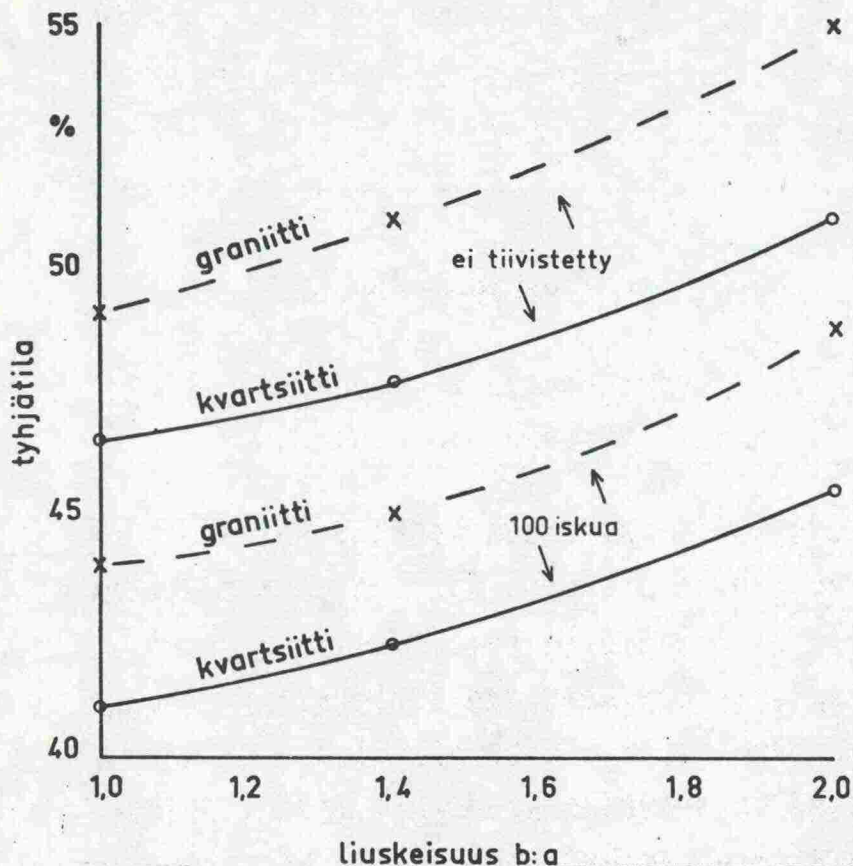


Kuva 4. Kiviaineksen puristuslujuuden määrittäminen (p = ominaispaino).

Koemurskaus laboratorioleukamurskaimella voisi myös olla sovelias kiviaineksen lujuudentutkimusmenetelmänä. Koetulokset korreloivat selvästi ( $r_{\text{LosA/mursk}}=0,75$ ,  $r_{\text{Haur/mursk}}=0,60$ ) konventionaalisin menetelmin saatujen lujuuslukujen kanssa.

## 1.2 Raemuoto

Raemuodon vaikutuksista lujuuskokeiden tuloksiin on edellä jo mainittu, ja raemuodon vaikutukset päällystemassan tiivistyvyyteen sekä stabilisuuteen tunnetaan (kuva 7). Raemuoto on normien mukaan määritetty akselisuhteina pituus: paksuus ( $c:a$ ) eli sauvaisuus ja leveys:paksuus ( $b:a$ ) eli liuskeisuus (kuva 8).



Kivirakeen akselit:  $c$  = pituus,  $b$  = leveys  $a$  = paksuus.

Kuva 7. Raemuodon ja pinnan sileyden vaikutus tiivistettävyyteen.

Kuva 8. Raemuodon mittaus; akselipituudet.

Mittaus voidaan suorittaa joko kokonaan käsin, tai raepituuksien mittaus käsin mutta leveyden mittaus neliöaukkoseuloilla ja paksuuden mittaus rakoseuloilla eli välpillä. Saatu tulos riippuu siitä millä edellämainituista menetelmistä mittaus suoritetaan, samoin kuin tutkitun lajitteen raekoosta. On nimittäin havaittu, että lajitteen raemuoto poikkeaa sitä enemmän isometrisestä mitä enemmän sen läpimitta poikkeaa murskaimen asetuksesta. Edelleen, mitä pienempiä rakeita mitaillaan, sitä suu-



rempi on mittausvirhe. Erään käsin mitatun koesarjan mukaan olivat sauvaisuus eli puikkoisuus (c:a) eri lajitteissa: (5,6...8 mm) 3,03, (8...11,3 mm) 2,55 ja (11,3...16 mm) 2,51 sekä vastaavat liuskeisuudet (b:a) 1,81, 1,62 ja 1,66. Samassa koesarjassa määritettiin liuskeisuus myös seulomalla ja saatiin edellä esitetyjä arvoja vastaamaan huomattavasti pienemmät muotosuhdeluvut 1,28, 1,36 ja 1,34, ero on siis verrattain selvä. Kun sauvaisuutta laskettaessa käytettiin paksuuden mittana välppäämällä saatuja arvoja, tuli em. sauvaisuusarvoja vastaamaan luvut 2,67, 2,55 ja 2,35, ero on myös sauvaisuudessa selvä. Normeissa tulee siis määrätä miten mittaus on tehtävä. Muotoarvomääritys on toistettavuudeltaan heikohko, suhteellinen virhe käsin suoritettuisissa mittauksissa on n.  $\pm 8,5$  %, yksinomaan seulomalla ja välppäämällä tehdyissä mittauksissa  $\pm 2$  %.

### 1.3 Murskattavuus

Kallion kiviaineksen irrotuksessa on räjäytys murskauksen ensimmäinen vaihe. Murskauksen vaatima energiamäärä on paljon pienempi, jos työssä on käytetty runsaasti räjähdysainetta irrotettua kalliokuutiometriä kohden. Murskaamoille tuleva kiviaines saadaan usein ikäänkuin sivutuotteena erilaisilta kalliorakennustyömailta. Helpoimmin murskattavaa on kanaaleista ja pientunneleista irrotettu kivi, kun taas vaikeimmin murskattavaa on suurista tieleikkauksista tuleva kivi, jonka irrotuksessa on osittain käytetty raonräjäytys- tai sileälouhintamenetelmiä. Jälkimmäisessä tapauksessa pyritään kallio leikkaamaan mahdollisimman kevyttä panostusta ja brisantista räjähdysainetta käyttäen tarkoituksena louhittavan profiilin ulkopuolelle jättävän kallion ehyenä säilyttäminen. Hitaampi räjähdysaine (ehjissä kallioissa) ja voimakkaampi panostus ( $\text{kg/m}^3$ ) aiheuttaa kiven tasisemman ja paremman lohkaroitumisen eikä vain murentumista panoksen lähiympäristössä.

Räjäytysenergian ja murskausenergian keskinäistä suhdetta on helpointa kehittää taloudellisempaan suuntaan sellaisilla murskaamoilla, missä kiviaineksen irrotus tapahtuu nimenomaan murskausta varten. Räjähdyksessä syntyvästä energiasta suurin osa siirtyy kiveen ja tästä on havaittu n. 47 % kuluva kiven loh-

karoitumiseen, noin 50 % syntyneiden lohcareiden siirtämiseen paikaltaan ja 3 % täryaaltoliikkeeseen. Suurilla automatisoiduilla murskaamoilla saadaan suurin osa energiasta käytetyksi hyödyllisesti ja n. 55 % siitä kuluu kiven murskaamiseen.

Kiviaineksen murskausta suoritetaan koneilla, joissa kivi joutuu puristuksen, iskujen tai hionnan kohteeksi. Erilaisissa leukamurskaintyypeissä, joita yleisimmin käytetään esimurskausvaiheessa, samoin kuin väli- ja jälkimurskausvaiheessa käytetyissä kara- ja kartiomurskaimissa kivirakeita puristellaan. Vasaramurskaimissa rakeita isketään. Hienomurskaukseen ja jauhatukseen käytetyissä kuula- ja tankomyllyissä rasitukset ovat puristavia, iskeviä tai hiovia. Puristus aiheuttaa kivirakeessa paikallisia vetojännityksiä, jotka, kun kiven vetolujuus on vain 0,05...0,17 x puristuslujuus, aiheuttavat kiven särkymisen.

Lujuus riippuu mineraalikoostumuksen lisäksi raekoosta - mitä pienempiä mineraalirakeet ovat sitä enemmän niillä yhteensä on pinta-alaa. Kiveä koossapitävien koheesiovoimien suuruus on suoraan verrannollinen rakeiden yhteispinta-alaan. Murskauksessa kuluu energiaa lähinnä koheesiovoimien voittamiseen ja kulutettu energia on vastaavasti suoraan verrannollinen murskerakeiden yhteispinta-alan lisäykseen.

Energiakulutus sopisi erinomaisesti kivilajin murskattavuuden mittana, mutta energian kulutus riippuu myös monista koneistotekijöistä: esim. murskaimen tyhjäkäynti, täyttöaste, leukojen kuluneisuus ym. Toiseksi se riippuu syötteen ja tuotteen raekoosta (murskaussuhteesta), louheen irrotustavasta, ilman lämpötilasta ja kiviaineksen kosteudesta.

Esimerkkinä kosteuden vaikutuksesta esitetään muutamia TVL:n keskuslaboratoriossa suoritettuja mittauksia.

	puristuslujuus $\text{kp/cm}^2$		vetolujuus $\text{kp/cm}^2$	
	kuiva	märkä	kuiva	märkä
pegmatiitti Seutula	2.080	795	194	54
graniitti Kimola	1.600	595	176	64
sarviv.gneissi Orivesi	2.360	1.170	224	107
kiilleliuske Mäntyharju	2.270	610	194	137
diabaasi Seutula	2.980	2.100	127	185



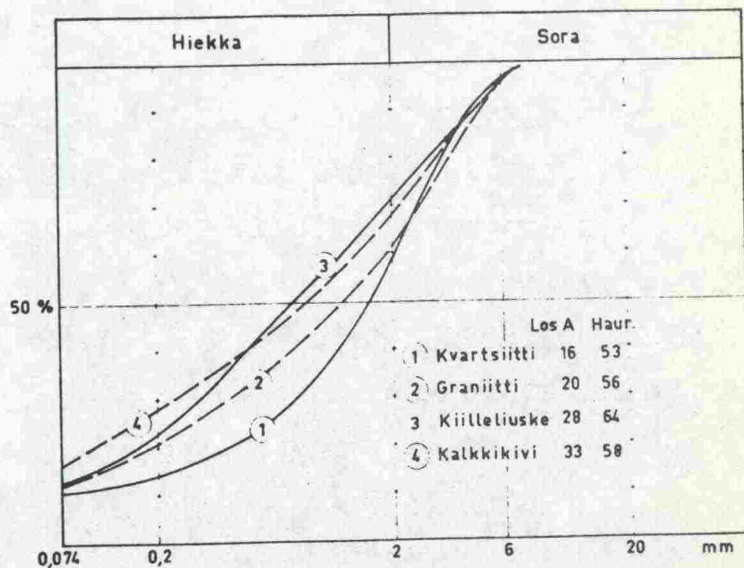
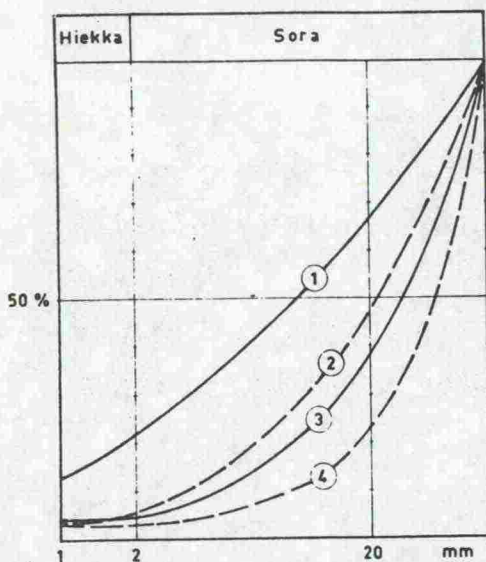
Kiviaineksen puristuslujuuden on pakkasessa havaittu olevan korkeamman, mutta iskulujuuden vähäisemmän (Vtt:n tielaboratorio) kuin lämpimässä.

Eri murskaintyypeillä murskattaessa saadaan samasta kiviaineksesta toisistaan rakeisuudeltaan poikkeavia murskeita, kuva 5. Toisaalta samalla murskaimella saadaan eri kivilajeja murskattaessa toisistaan rakeisuudeltaan poikkeavia murskeita, kuva 6.

Kuva 5. Samasta kivilajista eri murskaintyypeillä saatu murske.

Kuva 6. Päälystekiviainesmurskauksessa eri kivilajeista saatu 0-6 mm lajite.

- 1 = vasaramurskain,  
2 = kartiomurskain,  
3 = leukamurskain,  
4 = valssimurskain,



Kivilajien murskattavuutta on siis sangen vaikeata ilmoittaa absoluuttisina yksikköinä, koska samalla olisi tarkasti määriteltävä kaikki murskaustapahtumaan vaikuttavat tekijät.

200...900 mm läpimittaisten kalkkikivilohkareiden murskauksessa kulutettu energia riippui erään saksalaisen tutkimuksen (Stumpf) mukaan murskaustavasta ja tuotteen rakeisuudesta seuraavasti:

tuote	murskauksessa vaiheita	
	kaksi	yksi
0...200 mm	0,35 kWh/t	0,29 kWh/t
0...60 "	1,35 "	0,99 "
0...30 "	1,87 "	1,53 "
0...3 "	> 3,5 "	3,5 "

Murskattaessa kalkkikiveä lohkareista  $\varnothing$  keskim. 400 mm murskeeksi 0...55 mm kuluu energiaa 1,5 kWh/t, normaali kalkkikivijauhatus vaatii energiaa 21...35 kWh/t ja hienojauhatus yli 93 kWh/t (Lohjan Kalkki Oy). Raajärven kaivoksen karkearakeinen rautamalmi on kulutanut karkeamurskausvaiheessa energiaa 0,20 kWh/t (Rautaruukki Oy) ja Parkanon porfyyrinen mikroliinigraniitti kolmivaihemurskauksessa 1,5...1,6 kWh/t (Lindborg, Tiesepeli).

Johtuen edelläkuvatuista vaikeuksista murskauksen vaatiman tehollisen energian mittaamisessa, on hyvin vaikeata saada tietoja kivilajien murskattavuudesta. Usein murskattavuus ilmoitetaan suhteessa kalkkikiveen ts. kuinka monta tonnia (M) kivilajia saadaan murskatuksi sillä energiamäärällä, mikä kuluu yhden kalkkikivitonin murskaukseen.

	omp	M
pegmatiitti	2,63	0,9
rapakivi	2,67	0,9
pun.graniitti	2,66	0,8
harm. "	2,69	0,8
dioriitti	2,75	0,8
gabro	2,88	0,7
kalkkikivi	2,73	1,0
kiillegneissi	2,75	0,9
gran. "	2,70	0,9
kvartsiitti	2,67	0,8
amfiboliitti	2,88	0,7
diabaasi	2,81	0,7
fylliitti	2,75	0,8
leptiitti	2,65	0,8

Murskattavuus vaikuttaa myös louheesta murskausprosessissa valmistetun tuotteen rakeisuuteen. Paraisten Kalkki Oy:n Paraisten louhoksen murskaamalla saatujen murskeiden raejakautumassa kuvastuvat kivilajien lujuudet seuraavasti

	Los A	alle 75 mm	alle 50 mm
kalkkikivi	41	40 %	26 %
pegmatiitti	35	55 %	26 %
kiillegneissi	24	35 %	18 %



Tie- ja vesirakennuslaitoksen kaksivaihemurskauksissa on eri kivilajeista saatu lajitteita keskimäärin seuraavat prosenttimäärät:

	Los A	0-6mm		6-12mm		12-20mm	
		A	B	A	B	A	B
graniitti	28	30 %	50 %	20 %	20 %	50 %	30 %
kiillegneissi	24	30 »	45 »	30 »	25 »	40 »	30 »
amfiboliitti	20	20 »	40 »	20 »	20 »	60 »	40 »
somero 20—50mm	— 22	20 »	40 »	30 »	25 »	50 »	35 »

A = löysä (taloudellinen) murskaus, murskaussuhteet noin 5  
B = etumurskaimen asetusta kiristetty

Kuten havaitaan ovat lujat kivilajit (pieni LosA-luku) vaikeammin murskattavissa (kuva 2). Toisaalta murskauksella voidaan vaikuttaa tuotteen lujuuteen. Esimerkkinä räjähdysaineen vaikutuksesta murskeen lujuuteen voi mainita Uudenkylän Terrikallion graniitin, jonka ominaispaino normaalisti on 2,67, Los Angeles-luku 25,2 ja haurausarvo 57,8, mutta räjähdysonnettomuudessa lentäneiden, silmällä arvostellen täysin eheiden lohcareiden ominaispaino 2,63, Los Angeles-luku 37,2 ja haurausarvo 75,2. Mikäli louhittavana siis on jo luonnostaan heikko kivilaji, on räjähdysainetta kalliokuutiometrin irrotuksessa käytettävä mahdollisimman vähän, jotta kiveä ei muhennettaisi sellaiseksi, ettei se enää täytä esim. päällystekiviainekselle asetettuja lujuusvaatimuksia.

Esitutkimuksen mukaan luonnostaan heikohkoa kiviainesta on siis murskattava hellävaraisesti useassa vaiheessa, jotta sitä ei särjettäisi ja heikennettäisi niin, ettei se enää täyttäisi lujuusvaatimuksia.

Useampivaiheisessa murskauksessa kiviaineksen lujuus päinvastoin kasvaa, kun joka murskausvaiheessa heikoimmat rakeet murskautuvat hienommaksi.

Yksivaihemurskauksella aikaansaadaan myös lituskaisempia ja pitkulaisempia eli huonompimuotoisia rakeita kuin useampivaiheisessa murskauksessa. Kenttämurskaamoilla valmistetun murskeen liuskeisuus (b:a eli rakeiden keskileveyden ja -paksuuden suhde) oli 1,40 ja sauvaisuus (c:a eli keskipituuden ja -paksuuden suhde) oli 2,58, kun se laboratorion leukamurskaimella valmistetulla murskeella oli 1,41 ja 2,66, Murskeen rakeiden muotoon on



murskaajalla kuitenkin suurempi vaikutus kuin murskaussuhteella kuten nähdään seuraavan Paraisten Kalkki Oy:n suorittaman kokeen tuloksista, muotarvot c:a/b:a

	omp	leuka- murskain	vasara murskain
kiillegneissi	2,76	3,09/1,58	1,98/1,38
kintsigiitti	2,66	3,14/1,76	2,11/1,32
amfiboliitti	3,02	2,75/1,58	2,29/1,36

Jos kivilaji on luonnostaan voimakkaasti suuntautunutta, sillä on taipumus murskautua pitkulaisiksi tai lituskaisiksi rakeiksi ja tällöin on harkittava millaisella murskaimella ja miten monessa vaiheessa kiviaines on syytä valmistaa, jotta se täyttäisi asetetut muotovaatimukset. On havaittu (Selmer-Olsen), että uusintamurskaus parantaa liuskeisuuden arvoa keskimäärin 0,1 yksiköllä. Saksassa nimitetään useampaan kertaan murskattua kiviainesta jalosepeliksi (Edelsplitt).

#### 1.4 Muut ominaisuudet

Uuden päällystenormiehdotuksen kiviainesluokitus ottaa huomioon vain lujuus- ja muotoarvot, joskin erikoista huomiota kehoitetaan kiinnittämään kiillerrakeiden määrään ja kokoon sekä mainitaan erikoisominaisuuksina väri, hioituvuus, tarttuvuus sekä lämpötilavaihteluiden kestävyys.

Kiilteellä on havaittu olevan päällysteen kestävyydelle merkitystä paitsi meillä Suomessa, myöskin Ruotsissa ja Sveitsissä. Viimemainitussa maassa on asetettu rajoituksia sekä kiilteen että kalkkisälvän määrälle päällystekiviaineksissa. Meillä kalsiitti on siksi harvinainen mineraali, ettei sitä tarvitse ottaa luokitusperusteeksi, mutta sen sijaan "liuskapinkkoina" esiintyvä kiille olisi otettava mukaan - ehdotuksena esim.  $\emptyset > 3$  mm paksuja kiillepinkkoja ei saisi I ja II luokan kivissä olla lainkaan ja pienempiäkin kiillerrakeita kivessä vain 2 % ja 5 %. Kiillerrikkaasta kiviaineksesta tehdyn päällysteen purkautumista tapahtuu siitä huolimatta, että kiilteellä sinänsä (varsinkin värittömällä muskoviitilla) on erittäin hyvät tartuntaominaisuudet bitumisiin sideaineisiin. Ellei kiviainesta valit-



taessa ole kiinnitetty huomiota kiilteeseen, on päällysteen mahdollisesti purkautuessa vaikeata päätellä kenessä on syy.

Suoritetuissa kokeissa on ilmennyt, että orgaanisten nesteiden tartunta maasälpään, sarvivälkkeeseen ja kalsiittiin on jokseenkin yhtä runsasta ja hieman vahvempi kuin kvartsiin, mutta huomattavasti heikompi kuin kiilteisiin. Kuvassa 9 on esitetty syväkivien mienraalikooostumus, josta voi päätellä miten sideaine tarttuu eri kivilajeihin.

Kivilajien hioutuvuudella on merkityksensä päällysteen kitkalle. Kivilajien hioutuvuudesta antaa käsityksen seuraava taulukko:

kivilaji	kuluminen kvartsiin verrattuna	kuluminen cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>	kolojen syvyys	hiotun pinnan kitka
kvartsi	0 μ	7...8 cm:	1 μ	0,30...0,53
kvartsiitti	8 »	7...8 »	2 »	0,45...0,67
graniitti	19 »	5...8 »	6 »	0,40...0,70
hiekkakivi	26 »	10...14 »	4 »	0,60...0,82
diabaasi	58 »	5...8 »	8 »	0,45...0,81
kalkkikivi	110 »	15...40 »	1 »	0,30...0,75

Kitkan kannalta olisi oikeastaan hyvä, jos kivilaji sisältäisi heikkoja ja lujia mineraaleja rinnakkain, sillä silloin sen pinta pysyisi karkeana. Osittain saman vaikutuksen aikaan saa erittäin kulutusta kestävien rakeiden (esim. 8...12 mm) lisääminen muuten keskinkertaisesta kiviaineksesta tehtyyn päällysteeseen. Kiviaineksen väri ja valonheijastuskyky merkitsevät paljon tien näkyvyydelle syyspimeällä ja hyvin heijastavat päällysteet säästävät katujen valaistuskustannuksissa. Hyvin heijastava mineraali on valkea, mutta läpinäkymätön. Meidän maassamme on tutkittu eräiden kalkkikivien ja kvartsiittien käyttöä päällysteen heijastuskyvyn lisäämiseen, ja vaikka ne kuivaa päällystettä vaalentavatkin, ne eivät ole auttaneet tilannetta märällä ilmalla. Lisätutkimuksia tarvittaisiin. Seuraavassa taulukossa on esitetty eräitä valonläpäisevyys- ja heijastuskykyarvoja kvartsiin verrattuna

	heijastus	läpäisy
kvartsi	100 μ A	100 μ A
kvartsiitti	76 "	69 "
graniitti	44 "	58 "
hiekkakivi	33 "	32 "
diabaasi	23 "	29 "
kalkkikivi	44 "	24 "

Edellä esitetyt taulukot ovat saksalaisista tutkimuksista lainattuja, eikä artikkelissa ollut tarkempaa kuvausta kivilajien väristä eikä muista ominaisuuksista, jotka vaikuttavat valonlöpäisyyyn ja -heijastuskykyyn.

Kiviaineksen säänkestävyydellä on suuri merkitys päällysteen stabilisuudelle ankarassa ilmastossamme. Meillä tosin kal-lioperä muodostuu verraten säänkestävistä kivilajeista - tähän taas saattaa olla selityksenä sääolojemme ankaruus, heikot kivilajit ovat rapautuneet pois. Kiven huokoisuus on ehkä tärkein säänkestävyyteen vaikuttava tekijä. Saksassa on ehdotettu, että kiven säänkestävyys olisi tutkittava puristamalla näyte ensin kuivana, sitten näyte samasta kivistä olisi kostutettava, jäähdytettävä, sulatettava ja puristettava uudelleen - puristuslujuuksien suhde olisi säänkestävyyden mitta.

Esimerkkinä esitetään neljä kahteen eri lujuusluokkaan kuuluvaa kiveä:

luokka	säänkestävä kivi		
	kuiva	kostea	jäädytetty
I	2 500	2 460	2 450 kp/cm <sup>2</sup>
II	100	98	98 "

luokka	kestämätön kivi		
	kuiva	kostea	jäädytetty
I	2 500	2 000	1 650 kp/cm <sup>2</sup>
II	100	80	66 "

Suomen kivien huokoisuudet vaihtelevat TVL:n laboratoriossa tehtyjen mittausten mukaan seuraavasti:

	n %
pegmatiitti	~ 0,4
rapakivi	0,8...1,1
graniitti	0,4...4,3
dioriitti	0,4...2,5
gabro	~ 2,5
kiilleliuske	1,4...6,8
kiillegneissi	0,4...7,0
amfiboliitti	~ 1,8
kvartsiitti	~ 1,5



Huokoisuus riippuu ilmeisesti paitsi siitä, miten syvältä kalliosta kivi on irroitettu, myös irroitettaessa tilavuusyksikköä kohden käytetystä räjähdysainemäärästä.

### 1.5 Kiviainesten lujuus/mineraalikoostumus

Laboratoriossa määritettiin tutkituista kiviaineksista myös mineraalikoostumus.

Faktorianalyysi osoitti lujuusarvojen riippuvan paitsi murskausteknillisistä tekijöistä myös petrologisista tekijöistä. Selvin korrelaatio oli lujuusarvojen ja raekoon välillä,  $r_{\text{LosA/raekoko}}$  laboratoriossa murskatuilla lohkareilla oli 0,48 ja  $r_{\text{Haur/raekoko}}$  vastaavasti 0,44. Maasälvän lisääntyminen näkyi kiven heikkenemisenä  $r_{\text{LosA/maasälpä \%}}$  laboratoriossa murskatuilla lohkareilla oli 0,23, vastaavaa riippuvuutta ei ollut haurausarvon ja maasälvän välillä.

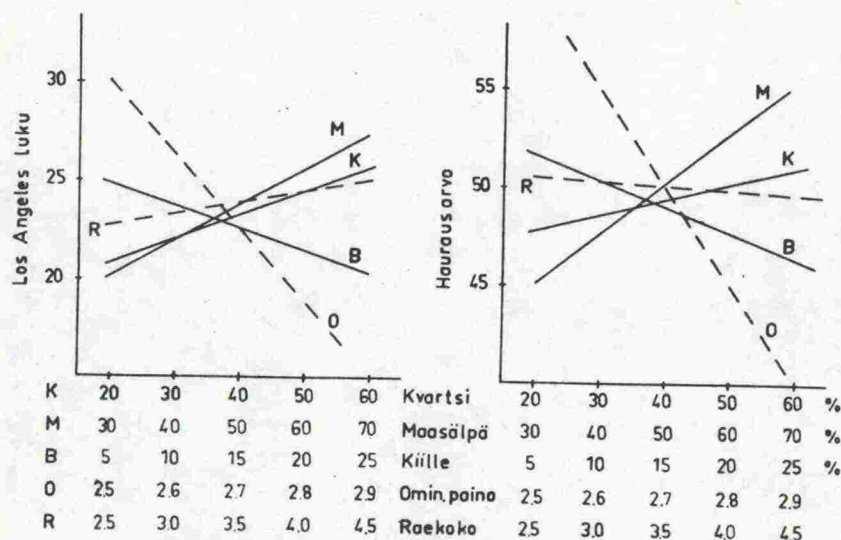
Kiilteen vaikutus lujuuslukuihin on hämäävä, sillä lisääntyvä kiille määrävahvisti kiviainesta laboratoriokokeissa, vaikka kuitenkin kokemuksesta tiedetään kiillemäärän kasvun päällysteen stabilisuutta vähentävä vaikutus. Los Angeles-luvun ja kiille määrän korrelaatio laboratoriossa murskatuilla lohkareilla oli  $r = -0,33$  ja haurausarvon korrelaatio kiillemäärän kanssa oli  $r = -0,18$ . Kvartsin ja lujuusarvojen välillä ei havaittu mitään selvää riippuvuutta.

Petrologisista ominaisuuksista kuitenkin ominaispainolla näytti olevan selvin vaikutus kiviaineksen lujuuteen, sillä esimerkiksi laboratoriossa murskattujen lohkareiden Los Angeles-lukujen korrelaatio ominaispainoon oli  $r = -0,27$ . Siis kiviaines on sitä lujempaa mitä painavampaa se on. Ominaispainon ja lujuusarvojen välille saatiin mm. seuraavat lineaariset regressioyhtälöt:

Murskesora	$\text{LosA} = -38,9 \text{ (omp. } -2,68) + 23$
Sepeli	$\text{LosA} = -19,7 \text{ (omp. } -2,71) + 24$
Murskesora	$\text{Haur.} = -52,2 \text{ (omp. } -2,68) + 50$
Sepeli	$\text{Haur.} = -32,2 \text{ (omp. } -2,71) + 51$

Kuvassa 10 on esitetty petrologisten ominaisuuksien vaikutus kiviaineksen lujuuteen. Eräälaisena yhteenvetona eri ki-

vilajeista koostuvien kentällä murskatuiden sepelin ominaisuuksista esitetään seuraava taulukko:



Kuva 1. Los Angelesluvun ja haurausarvon riippuvuus kiven petrologisista ominaisuuksista sepeleissä.

#### Sepelilajien keskimääräiset ominaisuudet

	ominais-paino	Los Angeles luku	Hauraus-arvo	Muoto-arvo	Rae-koko
pegmatiitti	2,63	35	69	2,5/1,4	14,0 mm
rapakivi	2,67	30	61	2,5/1,4	10,0 »
pun.graniitti	2,66	25	56	2,6/1,4	1,7 »
harm. »	2,69	26	53	2,5/1,4	2,0 »
dioriitti	2,75	24	47	2,7/1,4	1,5 »
gabro	2,88	24	49	2,8/1,4	1,4 »
diabaasi	2,81	19	46	3,1/1,5	0,3 »
gran.gneissi	2,70	25	56	2,4/1,4	1,8 »
kiillegneissi	2,75	24	50	2,5/1,4	0,8 »
kiilleliuske	2,76	21	53	2,7/1,5	0,1 »
fylliitti	2,75	15	37	2,6/1,5	0,03 »
amfiboliitti	2,88	16	48	3,3/1,7	0,3 »
vihreäkivi	2,86	13	46	3,0/1,5	0,03 »
leptiitti	2,65	16	46	3,0/1,6	0,05 »
kvartsiitti	2,67	21	63	2,6/1,5	0,1 »
kalkkikivi	2,73	41	74	2,6/1,5	3,6 »

## 2. ALUEELLISET EROT KIVIAINEKSEN LAADUSSA

Tarkasteltaessa kiviainesten alueellisia eroja on ensinnäkin erotettava tutkituissa kivilajeissa kaksi pääryhmää: laboratorioissa murskatut kiviainekset ja kentällä suurissa murskaamoissa murskatut kiviainekset. Vaikka edelliset kuvastavat varsin selvästi kiviainesominaisuuksien keskinäisiä riippuvuussuhteita, eivät ne kuvasta näytteenottoaluetta niin selvästi kuin

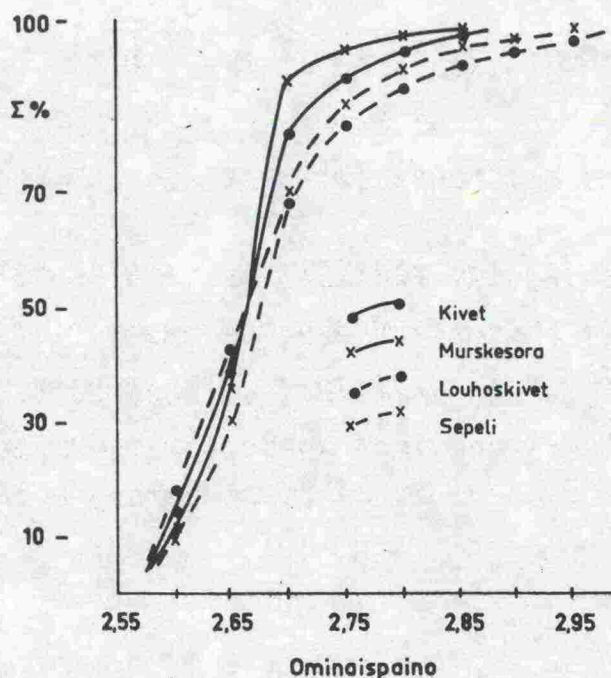


jälkimmäisen ryhmän homogeenisemmat kiviainekset. Seuraava tarkastelu suoritetaan pelkästään suurissa murskaamoissa kentällä valmistettujen kiviainesten perusteella.

Kentällä murskatut kiviainekset voidaan edelleen jakaa kahteen ryhmään: murskesorat ja sepelit. Sepelit edustavat kukin lähinnä yhtä ja määrättyä kivilajia, kun taas murskesorat edustavat eräänlaista näytteenottoalueen keskimääräistä kivilajikoostumusta.

## 2.1 Ominaispaino

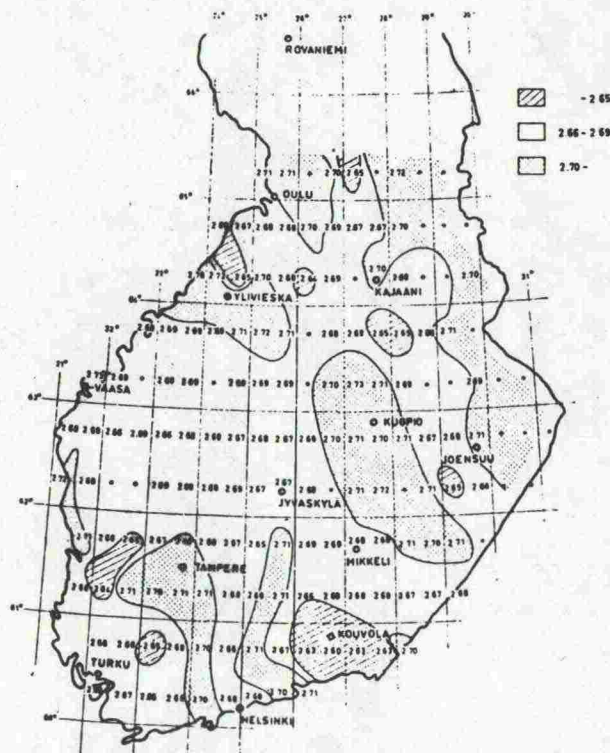
Soran ominaispaino on keskimäärin hieman kallion ominaispainoa pienempi, ero näkyy erikoisesti **raskaammissa fraktioissa**, joiden määrä murskesorassa on huomattavasti pienempi kuin sepeleissä, kuva 11.



Kuva 11. Ominaispainojakautumat eri kiviaineryhmissä.

Murskesoran alueelliset ominaispainot on esitetty kuvassa 12. Ominaispainokartassa kuvastuvat alueelliset kivilajit. Alhaisimmat ominaispainot tavataan Kaakkois-Suomen rapakivialueella. Ylivieskan ja Tampereen seutujen keskimääräistä korkeampi ominaispaino johtuu gabrojen ja emäksisten liuskeiden esiintymisestä

näillä alueilla ja Kuopion seudun keskimääräisistä korkeammat ominaispainot kiilleliuskeiden ja fylliittien runsaudesta.



Kuva 12. Murskesorien alueelliset keski-ominaispainot.

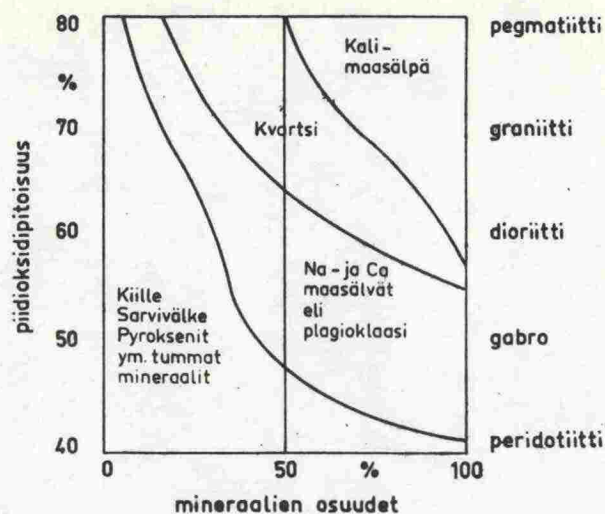
## 2.2 Kulutuskestävyys

Eri kiviainesluokkien Los Angeleslukujen jakaumasta, kuva 13 (joka on vino kuten ominaispainojakaumakin - ehkä log-normaalinen) nähdään miten laboratoriossa murskatut louhekievet ovat muita aineksia heikompia.

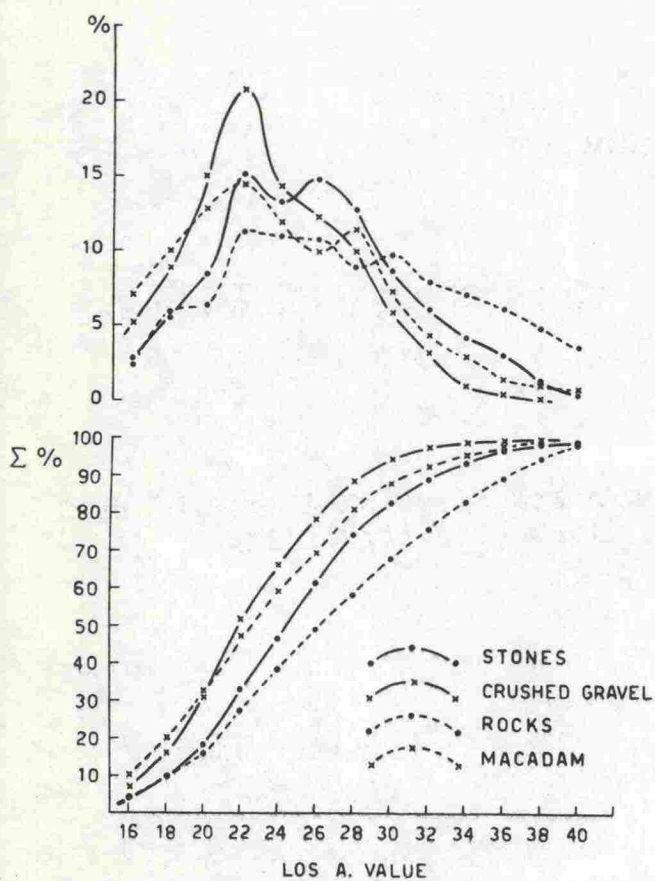
Jo edellä mainittu kulutuskestävyyden ja ominaispainon välinen riippuvuus näkyy murskesoran Los Angeles-lukujen alueellista jakautumaa esittävästä kuvasta 14, jonka kuviot muistuttavat ominaispainokartan kuvioita.

Kartasta havaitaan heikkojen kiviainesten esiintyminen Kaakkois-Suomessa rapakivialueella, mutta myöskin Itä-Suomen gneissialueella sekä Keski-Suomessa, jossa kuitenkin kivilajikartan mukaan pitäisi olla lujia kivilajeja.

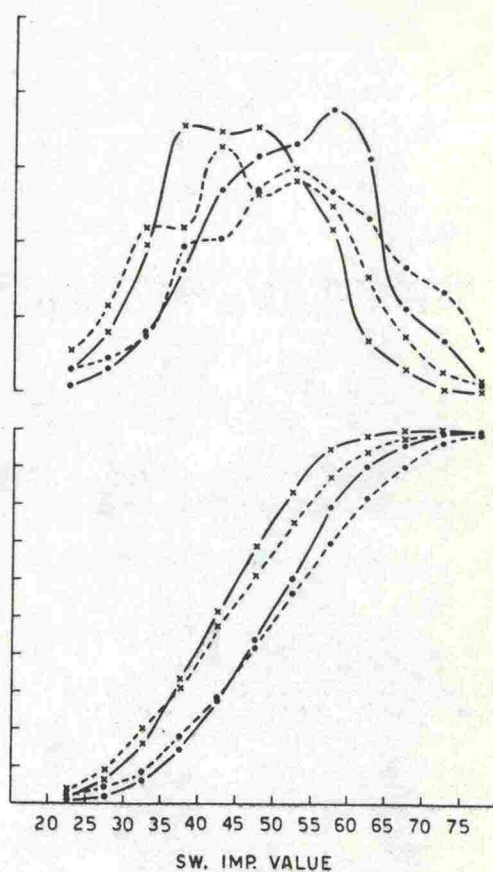




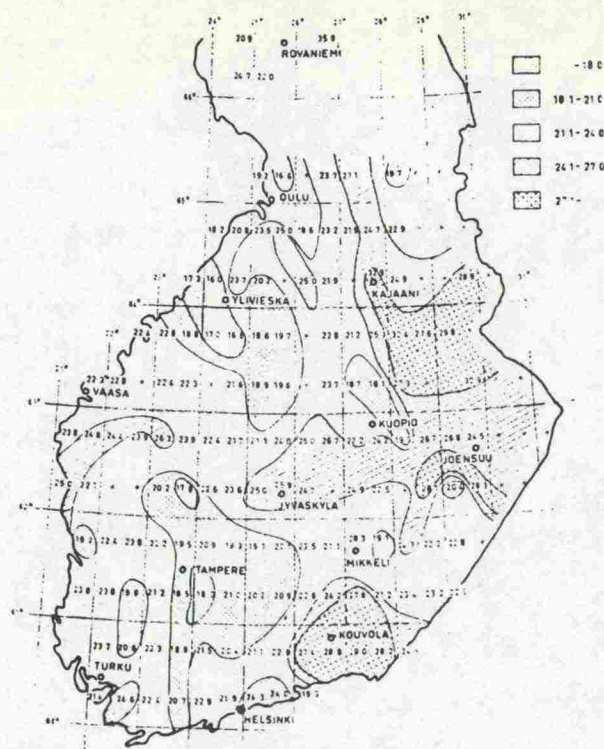
Kuva 12. Syväkivien mineraalikoostumus.



Kuva 13. Los Angeles-lukujakaumat eri kiviainesryhmissä



Kuva 15. Haurausarvojakaumat eri kiviainesryhmissä



Kuva: 14. Murskesorien alueelliset keski-Los Angelesluvut.

### 2.3 Iskunkestävyys

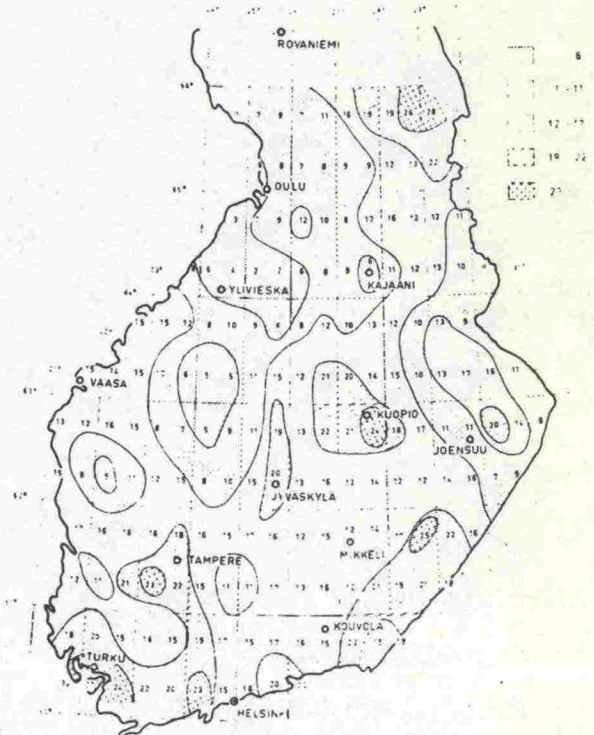
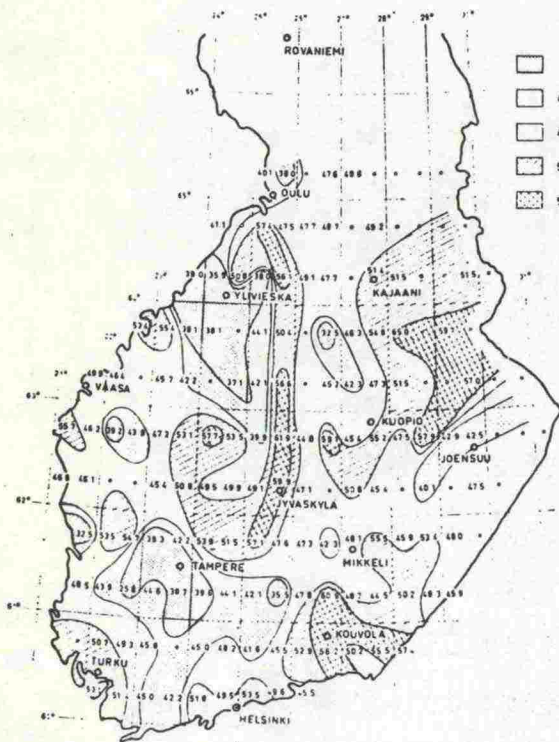
Haurausarvojen jakauma on symmetrinen, kuva 15, ja noudattaa, poiketen muista ominaisuuksista lähes normaalin jakautuman lakeja.

Murskesoran alueellisia haurausarvoja esittävä kartta, kuva 16, muistuttaa suuresti Los Angeles-lukukarttaa. Lujien kivien ja heikkojen kivien alueet osuvat suunnilleen yksiin ja ovat lähes samanmuotoisiakin. Jyväskylän kahden puolen ulottuva etelä-pohjoissuuntainen heikkojen kivien alue kuitenkin näkyy edellistä voimakkaampana. Tällä alueella on runsaasti siirroksia ja ruhjeita kallioperässä, kuva 17

Kallioperän joutuessa voimakkaan puristuksen kohteeksi alkavat sisäiset jännitykset purkautua aluksi mineraalien rakeissa syntyviin mikrorakoihin. Eräät näistä raoista jatkuvat halkaisten ensin useampia mineraaleja, sitten yhä kasvaen läpi eri kivilajien ja alueen kallioperän. Jakainen syntynyt rako on siis aiheutunut alueen kivilajien läpikotaisliikunnan tuloksena ja on ilmeistä, että rakoilleella alueella kivilajit ovat keskimääräistä rikkonaisempia. Tämä kallion rikkonaisuus ulot-



tuu kallion pienmipiin osasiin, mineraaleihin asti ja kuvastuu myös alueen maalajeissa (esim. sorassa) niiden keskimääräistä suurempana heikkoutena.



Kuva 16. Murskesorien alueelli-  
set keski-haurausarvot.

Kuva 17. Kallioperän ruhje- ja  
siirroslinjojen alueel-  
linen jakautuminen.

### 3. KIVIAINES PÄÄLLYSTEESSÄ

Artikkelissa on käsitelty ainoastaan luonnonkivennäisainek-  
sia, sellaiset keinotekoiset runkoainekset kuin terästehtaiden  
masuunien mineraalikuona, päällysteen vaalentamiseen käytetty  
lasimainen huokoisa synopal ja muut vastaavat ainekset tulevat  
kysymykseen vain erikoistarkoituksissa. Meidän maassamme on  
käyttökelpoisia kiviaineksia saatavissa riittävästi kaikkiin  
normaaleihin päällystetyyppeihin, mutta alueelliset erot kivi-  
ainesten laadussa ja määrässä sekä pohjamaan kantavuudessa saat-  
tavat aiheuttaa rajoituksia päällysrakennevalinnoissa.



### 3.1 Soraesiintymät

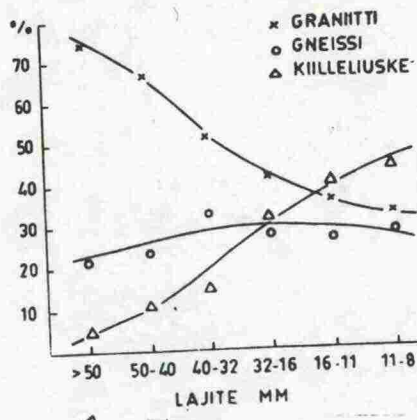
TVL:n keskuslaboratoriossa tehdyn tutkimuksen mukaan soraesiintymien kiviaines on keskimäärin hiukan kestävämpää kuin kalliosta irroitettu kiviaines. Tähän saattaa olla syynä se, että soraesiintymiä synnyttävät geologiset prosessit ovat suorittaneet heikomman aineksen murskausta ja eräänlaista lujan aineksen rikastusta soraesiintymiin. Tämä vaikutus näkyy eräässä kuvan 18 (Kolnebacka, Koivulahti) esittämässä esimerkissä, missä lujin kivilaji on rikastunut someron karkeimpiin lajikkeisiin ja heikoin kivilaji pienimpiin raeluokkiin.

Maassamme on soraa ja hiekkaa karkean arvion mukaan noin 30 miljardia kuutiometriä pohjavesipinnan yläpuolella. Osa näistä soravaroista on lukittu asutuksen, teiden, hautausmaiden alle sekä vedenottamoiden suoja-alueiksi. Asutuskeskusten läheisyydessä sijaitsevista soraesiintymistä suurin osa on joko käytössä tai käytetty. Kuljetusmatkat pitenevät ja hinta nousee. Käytämättömät soraesiintymät ovat jakautuneet varsin epätasaisesti, ja harjujen aineksen rakeisuus vaihtelee alueittain.

Etelä-Suomen maaperän kiviainesvarjoista valtaosa sisältyy Salpausselän harjuihin, joissa hiekka yleensä on vallitsevana. Eräillä alueilla sora- ja somerolajite puuttuu Salpausselistä lähes täysin. Vielä heikommin ovat asiateräillä seuduin, mm. Oulun lähistöllä, missä harjut ovat ensinnäkin hiekkavaltaisista ja toisekseen muinaisten merien aaltojen tasoittamia ja levittämiä, eikä kalliopaljastumiakaan löydy laajoilta alueilta. Kantavan kerroksen samoinkuin jakavan kerroksenkin rakentamiseen joudutaan kiviaines joko louhimaan kalliosta tai harkitsemaan normaalin päällysrakenteen muuttamista käytettävien mahdollisuuksien mukaiseksi.

Meillä on kokeiltu kantavan kerroksen rakentamista maabetonista ja onnistuttukin hyvin routimattomalla maaperällä. Routimattomille, kantaville maalajeille rakennettaessa myös betonipäällysteet soveltuvat hyvin. Silloin kun pohjamaa on routivaa tai kun on odotettavissa epätasaisia painumia, saavutettaneen kuitenkin elastisin sideainein sidotuilla massoilla parempi rakennustulos. Kiviaineksen säästämiseksi ja päällysrakenteen yksinkertaistamiseksi voitaneen harkita ns. Full-Depth päällysteiden käyttämistä.

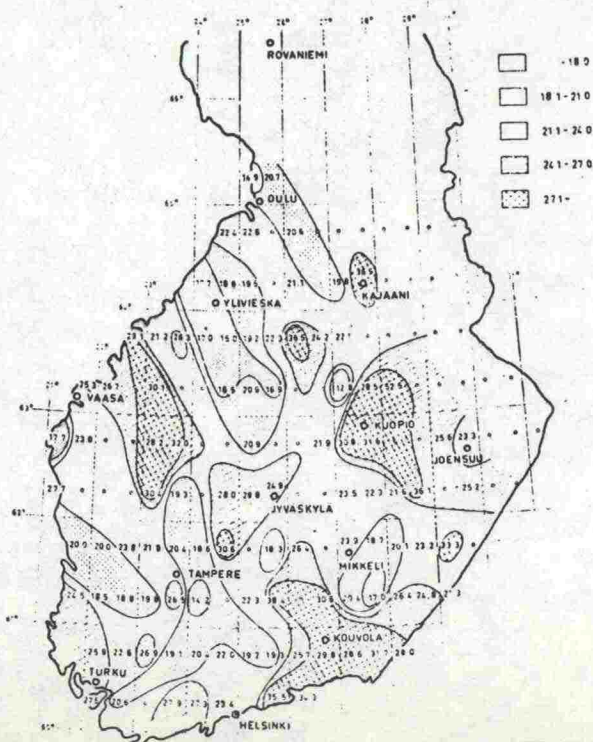




Kuva 18. Kivilajien lujuuden mukainen lajittuminen soran eri lajitteisiin.

### 3.2 Kallioesiintymät

Maassamme on myös alueita, joilla kallion kiviaineksen laatu on keskimäärin niin heikkoa, että se ei kelpaa päällystenormien ensimmäiseen luokkaan, kuva 19. Tällaisia alueita ovat mm. Kouvolan ympäristön rapakivialue, Vaasan seudun harmaan, karkean graniitin alue ja Kuopion seudun karkeahkojen kiillegneissien alue sekä Keski-Suomen karkean dioriitin alue.



Kuva 19. Kalliosta irroitettun kiviaineksen (sepin) alueelliset keski-Los Angelesluvut

Kallion kiviaines on heikointa kallion pintaosassa ja syvemmällä kalliossa laatu paranee. Suurin osa tienrakennustarkoituksiin käytettävästä kiviaineksesta kuitenkin otetaan suhteellisen matalista tielinjalle osuvista kallioleikkauksista. Syvemmälle ulottuvia louhintatöitä tehdään maassamme vain satunnaisesti, eikä teollinen sepelinvalmistus, joka sijoitettaisiin lujien kivilajien esiintymiin, ole meillä vielä kehittynyt.

Meillä on siis alueita, joilla joudutaan käyttämään päällysteiden runkoainekseksi heikkoja kivilajeja. Niistä valmistettujen päällysteiden stabilisuus on keskimääräistä heikompi, ellei kiviaineksen laatua oteta huomioon päällystetyyppiä valittaessa. Heikoista kivilajeista pitäisi valmistaa hienorakeisia päällystemassoja. Jos kivilaji "keljuilee" murskauksessa ja jonkin rae-koon kohdalle syntyy vajausta, voidaan täytteeksi käyttää esim. paikkakunnalta saatavaa hiekkaa. Pinnan karkeuttamiseen tarvittavan karkeamman kiviaineksen on oltava lujaa, mutta koska sen tarve muuhun ainekseen verrattuna on vähäinen, sitä voidaan tuoda kauempaakin.

Kun heikohkoa kiviainesta murskataan useassa vaiheessa pienellä murskaussuhteella, tapahtuu jokaisessa murskausvaiheessa lujien mineraalirakeiden rikastumista karkeisiin raeluokkiin sen vuoksi, että heikot mineraalit murskautuvat helpommin. Karkeiden kivilajien murskaus olisi vietävä monomineraaliasteelle asti, jolloin esim. maasälpä heikkona mineraalina saadaan murskatuksi hienoimpiin lajitteisiin. Jokainen mineraali sinänsä on lujempi kuin kivilaji, jonka lujuus ratkaisevasti riippuu mineraalirakeiden välisestä koheesiosta. Varsinkin karkeissa kivilajeissa on kiveä koossapitävää koheesiopintaa niukasti. Moniasteisesta murskauksesta on lisäksi se etu, että saadun sepelin raemuoto on parempi kuin suurella murskaussuhteella hienonnetussa tuotteessa.

Kiviaineksen ollessa heikkoa päällysteen kestävyyttä voidaan parantaa käyttämällä jäykempää sideainetta. Öljysorassa rasitukset kohdistuvat suoraan yksityisiin kivirakeisiin, mutta bitumilla sidotuissa massoissa rasitukset siirtyvät sideaineen kautta useampiin ympäröiviin rakeisiin. Tehdyillä koeteillä suoritetuissa tutkimuksissa on saatu tuloksia, jotka viittaavat



siihen suuntaan, että sama kiviaines säilyy ehyempänä jäykällä (esim. B 80) kuin pehmeällä (esim. B 200) bitumilla sidotuissa päällysteissä.

#### 4. YHTEENVETO

Kiviaineksella on oma tärkeä merkityksensä päällysteiden kestävyydelle. Toistaiseksi meillä ei kiviaineskysymyksiä kuitenkaan ole tutkittu tarpeeksi, jotta varmuudella voitaisiin laskea miten yhden yksikön verran heikompi kiviaines vähentää päällysteen kestävyyttä. Tällä hetkellä kiven lujuuden mittaukseen käytetyt laboratoriokokeetkaan eivät ole parhaita mahdollisia, niitä olisi kehitettävä, yhtenä mahdollisuutena olisi sepelin puristuskokeen käyttöönotto ja kokemusten hankkiminen siitä.

Emme myöskään vielä tarkkaan tunne murskausprosessin vaikutusta kiviaineksen lujuuteen, mutta se on havaittu, että monivaiheinen murskaus pienin murskaussuhtein antaa lujinta tuotetta ja parhaan muotoisia rakeita. Samoin on toistaiseksi epäselvää millainen on eri mineraalien vaikutus tartuntaan samoinkuin päällysteen säänkestävyyteen. Varsinkin kiilteen vaikutusta olisi tutkittava. Tutkittava olisi myös sideaineen sekä kiviaineksen laadun keskinäisten suhteiden vaikutuksia päällysteen kestävyys.

Olisi tehtävä myös taloudellistilastollisia tutkimuksia kiviaineksen kuljetuskustannuksien ja päällysrakennevariaatioiden keskinäisistä suhteista samoinkuin eri päällysrakennetyypien sopivuudesta erilaisille pohjamaalajeille. Tutkittavaa siis riittää - mutta suuret taloudelliset arvotkin ovat kysymyksessä.



